



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 102 44 947 A 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
H 01 M 8/02

⑳ Aktenzeichen: 102 44 947.3
㉔ Anmeldetag: 26. 9. 2002
㉕ Offenlegungstag: 10. 4. 2003

DE 102 44 947 A 1

③0 Unionspriorität:
2001-297000 27. 09. 2001 JP
⑦1 Anmelder:
Kabushiki Kaisha Equos Research, Tokio/Tokyo, JP
⑦4 Vertreter:
Vossius & Partner, 81675 München

⑦2 Erfinder:
Horiguchi, Munehisa, Tokio, JP; Yamamoto, Taizo,
Tokio, JP; Ueno, Masataka, Tokio, JP; Kato, Kenji,
Tokio, JP; Miyazaki, Hideto, Tokio, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Brennstoffzellensystem

⑤7 Es wird ein Brennstoffzellensystem bereitgestellt, das wirkungsgradgünstig ist und auch dann keine Verminderung der Nutzleistung verursacht, wenn die Brennstoffzelle über einen langen Zeitraum wiederholt abwechselnd betrieben und abgeschaltet wird. Das Brennstoffzellensystem ist mit einem Brennstoffzellenstapel ausgestattet, der eine Brennstoffkammer für die Zufuhr von Wasserstoffgas zu einer Wasserstoffelektrode und eine Sauerstoffkammer für die Zufuhr von Sauerstoff zu einer Sauerstoffelektrode einschließt. Das System ist mit den folgenden Komponenten ausgestattet: Gaszufußöffnungen zum Einleiten des Wasserstoffgases in die Brennstoffkammer, Gasabflußöffnungen zum Ablassen des Wasserstoffgases aus der Brennstoffkammer, einer Wasserstoffabsaugpumpe und dergleichen zum Absaugen des Wasserstoffgases aus den Gasabflußöffnungen, einem Wasserstoffumlaufrohr und dergleichen zur Verbindung der Gasabflußöffnungen und der Gaszufußöffnungen über die Wasserstoffabsaugpumpe und dergleichen, und einem ersten Wasserstoffauslaßrohr und dergleichen zum Verbinden der Gasabflußöffnungen mit einer äußeren Gasauslaßöffnung über die Wasserstoffabsaugpumpe und dergleichen.

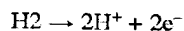
DE 102 44 947 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem, das mit einer Brennstoffzelle ausgestattet ist. Dieses Brennstoffzellensystem eignet sich zur Verwendung als Fahrerenergiequelle für ein Elektrofahrzeug oder dergleichen oder als stationäre Energiequelle.

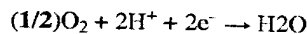
[0002] Als Brennstoffzelle gibt es eine Phosphorsäure-Brennstoffzelle, eine Schmelzcarbonat-Brennstoffzelle, eine Festelektrolyt-Brennstoffzelle, eine alkalische Brennstoffzelle und eine Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle. Zum Beispiel enthält die Polymerelektrolyt-Brennstoffzelle (PEFC) eine Wasserstoffelektrode (Anode), der ein wasserstoffhaltiges Gas zugeführt wird, eine Sauerstoffelektrode (Kathode), der ein sauerstoffhaltiges Gas, z. B. Luft, zugeführt wird, und feste Elektrolytschicht vom Polymerfolientyp, die aus Ionenaustauscherharz besteht, das zwischen der Wasserstoffelektrode und der Sauerstoffelektrode aufgenommen wird. Ein Katalysator, wie z. B. Platin, wird im Elektrolyten der Sauerstoffelektrode und im Elektrolyten der Wasserstoffelektrode unterstützt.

[0003] In diesen Brennstoffzellen ist eine Brennstoffkammer für die Zufuhr von in dem Gas enthaltenem Wasserstoff zur Wasserstoffelektrode ausgebildet, und in der Brennstoffkammer sind ein Gaszufuhröffnung zum Einspeisen von Gas und eine Gasabflußöffnung zum Ablassen des Gases ausgebildet. Außerdem ist in diesen Brennstoffzellen eine Sauerstoffkammer für die Zufuhr von im Sauerstoffgas enthaltenem Sauerstoff zur Sauerstoffelektrode ausgebildet, und in der Sauerstoffkammer sind eine Sauerstoffgaszufuhröffnung zum Einspeisen des Sauerstoffgases und eine Sauerstoffgasabflußöffnung zum Ablassen des Sauerstoffgases ausgebildet.

[0004] In dem mit der Brennstoffzelle ausgestatteten Brennstoffzellensystem wird das Sauerstoffgas durch die Sauerstoffgaszufuhröffnung in die Sauerstoffkammer der Brennstoffzelle eingespeist, während das Gas durch die Gaszufuhröffnung in die Brennstoffkammer der Brennstoffzelle eingespeist wird, wodurch auf der Seite der Wasserstoffelektrode eine Reaktion



stattfindet. Das hier erzeugte H^+ bewegt sich in Form von H_3O^+ durch die Elektrolytschicht, und auf der Seite der Sauerstoffelektrode findet eine Reaktion



statt. Auf diese Weise erhält man wegen der elektrochemischen Reaktion



zwischen der Wasserstoffelektrode und der Sauerstoffelektrode eine elektromotorische Kraft. Außerdem entsteht dadurch als Produkt Wasser auf der Seite der Sauerstoffelektrode. Dann wird Abgas mit unverbrauchtem Sauerstoff aus der Sauerstoffkammer der Brennstoffzelle zusammen mit dem erzeugten Wasser und dergleichen aus der Sauerstoffgasabflußöffnung ausge tragen, während das Gas mit unverbrauchtem Wasserstoff aus der Brennstoffkammer zusammen mit dem erzeugten Wasser und dergleichen aus der Gasabflußöffnung ausge tragen wird.

[0005] Nun bleibt zum Beispiel unmittelbar nach dem Abschalten der Brennstoffzelle das Wasserstoffgas in der Brennstoffkammer zurück. Falls dieser Zustand so belassen wird, dann tritt Luft von außen in die Brennstoffkammer ein,

und Wasserstoffgas und Sauerstoffgas vermischen sich miteinander.

[0006] Außerdem ist beim Anfahren der Brennstoffzelle Luft in der Brennstoffkammer vorhanden, und wenn das Wasserstoffgas in diesem Zustand als Brennstoff eingeblasen wird, vermischen sich Wasserstoffgas und Luft (Sauerstoffgas) miteinander. Es ist bekannt, daß durch Vermischen von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas eine Schädigung eines Katalysators auf der Seite der Sauerstoffelektrode auftreten kann.

[0007] Ferner ist vorstellbar, daß eine Saugvorrichtung zum Absaugen eines Gases aus der Gasabflußöffnung der Brennstoffkammer bereitgestellt wird, und das restliche Gas wird aus der Brennstoffzelle nach außen ausge tragen, um die Vermischung von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas zu verhindern.

[0008] In diesem Fall ergibt sich das Problem, wie die Saugvorrichtung zu konstruieren und anzuwenden ist.

[0009] Die vorliegende Erfindung ist im Hinblick auf die vorstehenden herkömmlichen Umstände entwickelt worden und hat die Aufgabe, ein Brennstoffzellensystem bereitzustellen, in dem ein Restgas einfach und effizient ausge tragen werden kann. Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der Ansprüche gelöst.

[0010] In dem Brennstoffzellensystem kann das Gas in der Brennstoffkammer durch die Saugvorrichtung in den Umlaufkanal oder den Austrittskanal gefördert werden. Auf diese Weise kann die Saugvorrichtung sowohl zum Umwälzen als auch zur Freisetzung verwendet werden.

[0011] Da ferner in dem Brennstoffzellensystem die Saugvorrichtung den Gasstrom in den Umlaufkanal oder den Austrittskanal lenkt, wird eine Vorrichtung, die den Gasstrom nur in den Umlaufkanal lenkt, oder eine Vorrichtung, die den Gasstrom nur in den Austrittskanal lenkt, unnötig, was erheblich zur Raumeinsparung und zu niedrigen Kosten beiträgt.

[0012] Nach Anspruch 2 kann die Schaltvorrichtung den Gasstrom zwischen dem Umlaufkanal und dem Austrittskanal umschalten.

[0013] Nach Anspruch 3 ist es beim Anfahren oder Außerbetriebsetzen der Brennstoffzelle möglich, das Restgas auszutragen und frisches Gas einzuleiten. Außerdem kann während des Betriebs nach Bedarf vom Umlaufkanal zum Austrittskanal umgeschaltet werden.

[0014] Von der äußeren Auslaßöffnung fließt das von der Saugvorrichtung abgesaugte Gas nicht in die Brennstoffkammer zurück, und das Gas kann beispielsweise unverändert aus der Brennstoffzelle nach außen abgelassen werden, oder falls das abzulassende Gas Wasserstoff enthält, kann es nach katalysierter Verbrennung abgelassen werden. Ferner kann das abgesaugte Gas freigesetzt werden, nachdem ihm Feuchtigkeit oder Wasserdampf entzogen wurde.

[0015] Da in dem Brennstoffzellensystem nach Anspruch 7 die Steuereinrichtung nach Bedarf den Umlaufmodus, den Abfluß- bzw. Austragsmodus und den Einspeisemodus ausführt, ist es möglich, das in der Brennstoffkammer zurückbleibende Gas abzusaugen und umlaufen zu lassen.

[0016] Als Gasspeichervorrichtung können z. B. ein Wasserstoffzylinder, der verflüssigten Wasserstoff enthält, ein Hochdruckwasserstofftank, eine Methanolspaltungseinrichtung zum Erzeugen von wasserstoffhaltigem Gas durch Methanolspaltung, ein Tank, der eine Wasserstoffspeicherlegierung zur Freisetzung eines eingeschlossenen bzw. absorbierten Wasserstoffgases enthält, oder dergleichen gewählt werden.

[0017] Gemäß Anspruch 8 enthält das auf diese Weise aus der Gasabflußöffnung abgesaugte Gas außer einem wasserstoffhaltigen Gas wahrscheinlich ein Sauerstoffgas oder der-

gleichen als Verunreinigungen. Ähnlich der anderen Erfindung ist die äußere Gasauslaßöffnung so beschaffen, daß das Gas nicht in die Brennstoffkammer zurückfließt.

[0018] Gemäß Anspruch 10 läßt sich mit Sicherheit beurteilen, ob das in der Brennstoffkammer zurückbleibende Gas, das wahrscheinlich ein Sauerstoffgas als Verunreinigung enthält, aus der Brennstoffkammer abgelassen wird oder nicht.

[0019] Gemäß Anspruch 11 und ähnlich der anderen Erfindung bedeutet die äußere Gasauslaßöffnung das Ablassen aus einer Rückflußbringleitung nach außen, und das Gas wird nicht in die Brennstoffkammer zurückgeführt und kann zum Beispiel in die Atmosphäre außerhalb der Brennstoffkammer abgelassen werden.

[0020] Gemäß Anspruch 12 kann das in der Brennstoffkammer zurückbleibende Gas, das wahrscheinlich ein Sauerstoffgas als Verunreinigung enthält, im wesentlichen vollständig durch Luft ausgetauscht werden, so daß eine Zersetzung der Sauerstoffelektrode kaum begünstigt wird.

[0021] Gemäß Anspruch 14 erfaßt die Konzentrationsdetektoreinrichtung die Konzentration des Gases in der Brennstoffkammer, und es kann zweifelsfrei festgestellt werden, ob das Gas in der Brennstoffkammer zurückbleibt oder nicht. Auf der Basis des Ausgangssignals der Konzentrationsdetektoreinrichtung steuert dann die Steuereinrichtung den Austrag des Gases durch die Saugvorrichtung zur äußeren Gasauslaßöffnung. Da auf diese Weise das in der Brennstoffkammer verbleibende Gas, das wahrscheinlich Sauerstoffgas als Verunreinigung enthält, im wesentlichen vollständig abgelassen werden kann, wird eine Zersetzung der Sauerstoffelektrode kaum begünstigt.

[0022] Gemäß Anspruch 15 besteht die Brennstoffkammer aus dem gesamten Gasweg; die Brennstoffzelle wird leicht herstellbar und kompakt, und eine Verbesserung der Montageeigenschaften des Brennstoffzellensystems an einem Elektrofahrzeug oder dergleichen kann kostengünstig realisiert werden.

[0023] Gemäß Anspruch 16 kann das forinstabile Trennelement die Konzentrationsdetektoreinrichtung festhalten. Als Konzentrationsdetektoreinrichtung kann ein Sauerstoffkonzentrationsensor zum Erfassen der Sauerstoffkonzentration oder ein Wasserstoffkonzentrationsensor zum Erfassen der Wasserstoffkonzentration gewählt werden.

[0024] Gemäß Anspruch 17 läßt sich ausreichend nachweisen, ob das Gas in der Brennstoffkammer in der gesamten Brennstoffzelle verbleibt oder nicht; die Anzahl der Konzentrationsdetektoreinrichtungen kann vermindert und eine Kostensenkung des Brennstoffzellensystems realisiert werden.

[0025] Erfindungsgemäß gibt es in der Brennstoffkammer einen Bereich, wo ein Gas leicht fließt, und einen Bereich, wo ein Gas wahrscheinlich stagniert. Falls das Gas in der Brennstoffkammer zum Stagnieren neigt, werden sich das Gas und das Sauerstoffgas in der Kammer wahrscheinlich vermischen, und in der Wasserstoffelektrode entsteht wahrscheinlich ein Abschnitt, der Gas und Sauerstoffgas enthält, so daß die Nutzleistung vermindert wird. Wenn daher die Konzentrationsdetektoreinrichtung in dem Bereich der Brennstoffkammer vorgesehen wird, wo das Gas wahrscheinlich stagniert (Anspruch 18), erhöht sich die Wirkung der Erfindung, da das Gas in der Brennstoffkammer durch die Absaugvorrichtung im wesentlichen vollständig abgesaugt werden kann. Falls die Brennstoffkammer der Gasweg für die Verbindung zwischen der Gaszufußöffnung und der Gasabflußöffnung ist, wird die Sonde der Konzentrationsdetektoreinrichtung vorzugsweise in einem Bereich des Gaswegs angebracht, wo das Gas wahrscheinlich stagniert.

[0026] Falls die Brennstoffkammer so beschaffen ist, daß

ein Gas in einem einzigen Kanal fließt, ist es schwer, in der Brennstoffkammer einen Bereich zu erzeugen, wo das Gas leicht fließt, und einen Bereich, wo das Gas wahrscheinlich stagniert. In diesem Fall kann das Gas in der Brennstoffkammer relativ leicht und im wesentlichen vollständig abgesaugt werden. Da die Kontaktfläche zwischen der Wasserstoffelektrode und dem Gas nicht sehr groß und der Durchlaßwiderstand für das Gas hoch ist, ist es dabei jedoch schwer, eine hohe Nutzleistung zu erzielen. Insbesondere ist in der Brennstoffkammer wahrscheinlich auch Wasser vorhanden, wie z. B. (durch die Reaktion) produziertes Wasser, und dieser Mangel wird wahrscheinlich durch das Wasser auffallend, und um so bemerkenswerter in der Brennstoffzelle, in der das Wasser schwer durch sein Eigengewicht aus der Brennstoffkammer ablaufen kann.

[0027] Wenn die Brennstoffkammer in dieser Hinsicht so beschaffen ist, daß das Gas auf mehreren Wegen durchfließen kann, dann ist eine hohe Nutzleistung leicht erzielbar, da die Kontaktfläche zwischen der Wasserstoffelektrode groß und der Durchlaßwiderstand für das Gas klein ist. In einer solchen Brennstoffkammer existieren wahrscheinlich in der Brennstoffkammer ein Bereich, wo das Gas leicht fließt, und ein Bereich, wo das Gas wahrscheinlich stagniert. Wenn in diesem Fall die Konzentrationsdetektoreinrichtung in dem Bereich angebracht wird, wo das Gas wahrscheinlich stagniert, kann das Brennstoffzellensystem zusätzlich zur Wirkung der Erfindung eine hohe Nutzleistung erzeugen.

[0028] Konkret können in dem Fall, wo die Brennstoffzelle durch Stapeln mehrerer Brennstoffzellen gebildet wird, die Brennstoffzellen durch das Trennelement miteinander verbunden werden, das in einem Stück die Gaszufußöffnung, die Gasabflußöffnung und den Gaskanal bildet, der die Gaszufußöffnung und die Gasabflußöffnung miteinander verbindet. Falls im Gaskanal des Trennelements zahlreiche konvexe Abschnitte existieren, kann das Gas durch mehrere Wege fließen. Wenn in einem solchen Fall die Konzentrationsdetektoreinrichtung in dem Bereich vorgesehen wird, wo das Gas wahrscheinlich stagniert, kann das Brennstoffzellensystem zusätzlich zur Wirkung der Erfindung eine hohe Nutzleistung erzeugen.

[0029] Nachstehend werden anhand der Zeichnungen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0030] Fig. 1 zeigt eine Konstruktionszeichnung einer Ausführungsform eines Brennstoffzellensystems.

[0031] Fig. 2 zeigt eine Konstruktionszeichnung des Hauptteils des Brennstoffzellensystems der Ausführungsform.

[0032] Fig. 3 zeigt ein Blockdiagramm einer Steuereinrichtung des Brennstoffzellensystems der Ausführungsform.

[0033] Fig. 4 zeigt eine Draufsicht einer Brennstoffzelle der Ausführungsform.

[0034] Fig. 5 zeigt eine schematische Schnittansicht einer Zelle der Ausführungsform.

[0035] Fig. 6 zeigt einen Aufriß eines Trennelements der Ausführungsform der Erfindung.

[0036] Fig. 7 zeigt eine Schnittansicht des Hauptteils des Trennelements der Ausführungsform.

[0037] Fig. 8 zeigt eine Darstellung eines Hauptprogramms zur Anfahrsteuerung durch eine Steuereinrichtung der Ausführungsform.

[0038] Fig. 9 zeigt eine Darstellung eines Unterprogramms zur Luft-/Wasserzufußsteuerung beim Anfahren durch die Steuereinrichtung der Ausführungsform.

[0039] Fig. 10 zeigt eine Darstellung eines Unterprogramms zur Anfahrsteuerung der Wasserstoffzufuhr durch die Steuereinrichtung der Ausführungsform.

[0040] Fig. 11 zeigt eine Darstellung eines Hauptpro-

gramms zur Abschaltsteuerung durch die Steuereinrichtung der Ausführungsform.

[0041] Fig. 12 zeigt eine Darstellung eines Unterprogramms zur Abschaltsteuerung der Wasserstoffzufuhr durch die Steuereinrichtung der Ausführungsform.

[0042] Fig. 13 zeigt eine Darstellung eines Unterprogramms zur Abschaltsteuerung des Luft-/Wasserzulaufs durch die Steuereinrichtung der Ausführungsform.

[0043] Fig. 14 zeigt eine Darstellung eines Unterprogramms zur Wiederanfahrsteuerung durch die Steuereinrichtung der Ausführungsform.

[0044] Fig. 15 zeigt einen Aufriß eines Trennelements einer modifizierten Ausführungsform.

[0045] Ein Brennstoffzellensystem gemäß Ausführungsform 1 ist in einem Elektrofahrzeug montiert und bildet zusammen mit einer Batterie eine Stromversorgung eines Antriebsmotors. Wie in Fig. 1 dargestellt, ist dieses Brennstoffzellensystem mit einer Brennstoffzellenbaugruppe 10 ausgestattet, die einen Brennstoffzellenstapel 1 enthält (siehe Fig. 4). Ein Luftverteiler 11 ist mit einem oberen Teil der Brennstoffzellenbaugruppe 10 verbunden, und ein Luftzufuhrrohr A1 ist mit dem Luftverteiler 11 verbunden. Ein Luftzufuhrgebläse 14 ist über einen Einlaßlufterhitzer 13 mit dem Luftzufuhrrohr A1 verbunden, und an der Außenluftseite des Luftzufuhrgebläses 14 ist ein Einlaßluftfilter 15 vorgesehen. Außerdem ist in der Nähe des Luftverters 11 des Luftzufuhrrohrs A1 ein Einlaßlufttemperaturfühler T1 vorgesehen. Dem Luftverteiler 11 wird durch das Luftzufuhrgebläse 14 Luft zugeführt, und die zugeführte Luft wird durch den Luftverteiler 11 einer Sauerstoffelektrode jeder Brennstoffzelle zugeführt.

[0046] Außerdem sind an dem Luftverteiler 11 mehrere Direkteinspritzdüsen 32 angebracht, die mit einer Direkteinspritzwasserleitung W1 verbunden sind. Die Direkteinspritzwasserleitung W1 ist, vom Luftverteiler 11 aus gesehen, mit einem Direkteinspritzwasserleitungserhitzer 33, einem Direkteinspritzwasser-Zuflußmagnetventil 34, einer Direkteinspritzpumpe 35, und über ein Direkteinspritzwasserfilter 36 mit einem Wassertank 37 verbunden. Von der Direkteinspritzwasserleitung W1 zweigt zwischen dem Direkteinspritzwasser-Zuflußmagnetventil 34 und der Direkteinspritzpumpe 35 ein Füllrohr W2 ab, und das Füllrohr W2 ist über ein Füllwasserzuflußmagnetventil 39 mit einer Einfülldüse 40 verbunden. Außerdem zweigt von der Direkteinspritzwasserleitung W1 zwischen dem Direkteinspritzwasserfilter 36 und dem Wassertank 37 ein Abflußrohr W3 ab, und das Abflußrohr W3 ist mit einem Abflußmagnetventil 42 verbunden. Im Wassertank 37 sind ein Wassertemperaturfühler T2 und ein Wasserstandsfühler L vorgesehen, und ein Wassertankheizkörper 43 ist im Wassertank 37 vorgesehen.

[0047] Als Brenngasspeichereinrichtung ist im unteren Teil der Brennstoffzellenbaugruppe 10 ein Wasserstoffspeicherlegierungstank 52 vorgesehen. An einem unteren Teil der Brennstoffzellenbaugruppe 10 ist ein Abgastemperaturfühler T3 vorgesehen. Die Füllrohrdüse 40 ist am Wasserstoffspeicherlegierungstank 52 angebracht. Am unteren Teil des Wasserstoffspeicherlegierungstanks 52 ist ein Kondensator 54 angebracht. Im Kondensator 54 ist ein Kondensatorgebläse 54a untergebracht, und an der Außenluftseite des Kondensators 54 ist ein Luftauslaßfilter 55 vorgesehen. Ein aus der Brennstoffzellenbaugruppe 10 abgelassenes Abgas gelangt durch den Wasserstoffspeicherlegierungstank 52 zum Kondensator 54. Der Kanal für dieses Abgas ist ein Abgaskanal A2. Außerdem gelangt aus der Brennstoffzellenbaugruppe 10 abgelassenes, als Reaktionsprodukt entstandenes Wasser, durch den Wasserstoffspeicherlegierungstank 52 zum Kondensator 54. Der Kanal für dieses Wasser ist der

Abflußkanal W4. Außerdem ist in dem Abgaskanal A2 ein Abgastemperaturfühler T4 vorgesehen.

[0048] Ein mit dem Wassertank 37 verbundenes Abflußrohr W5 ist mit dem Kondensator 54 verbunden, und das Abflußrohr W5 ist, vom Kondensator 54 aus gesehen, mit einer Wassersammelpumpe 59, einem Direkteinspritzwasser-Ionenaustauschfilter 60 und einem Direkteinspritzwasser-Aktivkohlefilter 61 versehen.

[0049] Wie gleichfalls in Fig. 2 dargestellt, ist ein mit einer Seite der Brennstoffzellenbaugruppe 10 verbundenes Wasserstoffzufuhrrohr H1 an den Wasserstoffspeicherlegierungstank 52 angeschlossen, und das Wasserstoffzufuhrrohr H1 ist in der Nähe des Wasserstoffspeicherlegierungstanks 52 mit einem MH-Hauptventil 72 ausgestattet. Ferner sind ein Wasserstoffeinfüllrohr H2 und ein Wasserstoffabflußrohr H3 mit dem Wasserstoffzufuhrrohr H1 verbunden, ein Wasserstoffeinfüllventil 73 ist mit dem Wasserstoffeinfüllrohr H2 verbunden, und ein Wasserstoffabflußventil 74 ist mit dem Wasserstoffabflußrohr H3 verbunden. Ein Wasserstoffprimärdrucksensor P1, ein Wasserstoffdruckeinstellventil 75, ein Wasserstoffzufußmagnetventil 76, ein Wasserstoffsekundärdrucksensor P2 und ein Wasserstoffgas-Flüssigkeits-Trennelement 77 sind auf der Seite vom Wasserstoffeinfüllrohr H2 und dem Wasserstoffabflußrohr H3 zur Brennstoffzellenbaugruppe 10 hin vorgesehen. Eine Abflußseite des Wasserstoffgas-Flüssigkeits-Trennelements 77 ist mit dem Wassertank 37 verbunden. Ein zur Außenluft hin offenes Außenlufteinleitungsrohr A3 ist mit Wasserstoffzufuhrrohr H1 zwischen dem Wasserstoffsekundärdrucksensor P2 und dem Wasserstoffgas-Flüssigkeits-Trennelement 77 verbunden, und das Außenlufteinleitungsrohr A3 ist mit einem wasserstoffseitigen Außenlufteinleitungsmagnetventil 79 verbunden.

[0050] Falls das Wasserstoffgas als Brennstoff einer Brennstoffkammer 22b zugeführt wird, wird vom Wasserstoffspeicherlegierungstank 52 abgegebener Wasserstoff durch das Hauptventil 72, das Wasserstoffzufußmagnetventil 76 und das Wasserstoffgas-Flüssigkeits-Trennelement 77 Gaszufußöffnungen 22e und 22f jeder der Brennstoffzellen 21 zugeführt.

[0051] Ein Wasserstoffumlaufrohr H4 ist mit dem Abschnitt auf der anderen Seite der Brennstoffzellenbaugruppe 10 verbunden (steht in Verbindung mit Gasabflußöffnungen 22g und 22h der Brennstoffkammer 22b der Brennstoffzelle 21), und das Wasserstoffumlaufrohr H4 ist, von der Brennstoffzellenbaugruppe 10 aus gesehen, mit einer Wasserstoffsaugpumpe 82 und einem Wasserstoffumlaufmagnetventil 83 ausgestattet. Das Wasserstoffumlaufrohr H4, die Wasserstoffsaugpumpe 82, das Wasserstoffumlaufmagnetventil 83 und das Wasserstoffgas-Flüssigkeits-Trennelement 77 bilden einen Umlaufkanal. Die Wasserstoffsaugpumpe 82 bildet eine Absaugvorrichtung. In dem Fall, wo ein Gas in der Brennstoffkammer 22b durch die Wasserstoffsaugpumpe 82 umgewälzt wird, wird Wasserstoff aus den Gasabflußöffnungen 22g und 22h der Brennstoffkammer 22b durch die Wasserstoffsaugpumpe 82 abgesaugt und durch das Wasserstoffumlaufrohr H4 und das Wasserstoffgas-Flüssigkeits-Trennelement 77 zu den Gaszufußöffnungen 22e und 22f der Brennstoffkammer 22b zurückgeführt.

[0052] Ferner ist ein erstes Wasserstoffauslaßrohr H5, das mit der Außenluft in Verbindung steht, zwischen der Wasserstoffsaugpumpe 82 und dem Wasserstoffumlaufmagnetventil 83 mit dem Wasserstoffumlaufrohr H4 verbunden, und das erste Wasserstoffauslaßrohr H5 ist, vom Wasserstoffumlaufrohr H4 aus gesehen, mit einem Wasserstoffauslaßmagnetventil 85, einem Wasserstoffrückschlagventil 86 und einem Wasserstoffschalldämpfer 87 ausgestattet. Das erste Wasserstoffauslaßrohr H5, das Wasserstoffauslaßma-

gnetventil 85, das Wasserstoffrückschlagventil 86 und die Innenseite des Wasserstoffschalldämpfers 87 bilden einen Austrittskanal, und eine Öffnung des zur Außenluft offenen ersten Wasserstoffauslaßrohrs H5 ist eine äußere Gasauslaßöffnung. Übrigens erfolgt das Umschalten zwischen Umlaufkanal und Austrittskanal durch das Wasserstoffumlaufmagnetventil 83 und das Wasserstoffauslaßmagnetventil 85. [0053] Ferner ist ein zweites Wasserstoffauslaßrohr H6, das zwischen dem Wasserstoffauslaßmagnetventil 85 und dem Wasserstoffrückschlagventil 86 mit dem ersten Wasserstoffauslaßrohr H5 gekoppelt ist, zwischen der Brennstoffzellenbaugruppe 10 (die mit den Gasabflußöffnungen 22g und 22h der Brennstoffkammer 22b in Verbindung steht) und der Wasserstoffsaugpumpe 82 mit dem Wasserstoffumlaufrohr H4 verbunden. Im zweiten Wasserstoffauslaßrohr H6 ist ein Wasserstoffabsaugumgehungsventil 89 vorgesehen. Die ersten und zweiten Wasserstoffauslaßrohre H5 und H6 verlaufen parallel zwischen der Brennstoffzellenbaugruppe 10 und der äußeren Gasauslaßöffnung, wie oben angegeben, weil die Wasserstoffsaugpumpe 82 für den Aus-
trag von flüssigem Wasser ungeeignet ist, und wenn im Bedarfsfall das flüssige Wasser aus den Gasabflußöffnungen 22g und 22h der Brennstoffkammer 22b ausgetragen wird, wird das zweite Wasserstoffauslaßrohr H6 verwendet. Übrigens sind in der Brennstoffzellenbaugruppe 10 Wasserstoffkonzentrationssensoren C (27c bis 27d) vorgesehen, deren Details weiter unten beschrieben werden.

[0054] Dann wird, wie in Fig. 1 dargestellt, ein (flexibles) Kabel 91 mit beiden Ausgangsanschlüssen 10c (siehe Fig. 4) der Brennstoffzellenbaugruppe 10 verbunden, und, von der Brennstoffzellenbaugruppe 10 aus gesehen, wird über ein Ausgangsrelais 92 und einen Wechselrichter 93 ein Motor 94, der ein Fahrzeug antreiben kann, an das Kabel 91 angeschlossen. Mit dem Kabel 91 ist zwischen dem Ausgangsrelais 92 und dem Wechselrichter 93 eine Ausgangssteuer-
schaltung 95 elektrisch verbunden, und mit der Ausgangsteuerschaltung 95 ist eine Speichervorrichtung 96 elektrisch verbunden, die aus einer geerdeten Sekundärbatterie oder einem Kondensator besteht.

[0055] Wie in Fig. 2 dargestellt, sind der Wasserstoffprimärdrucksensor P1, der Wasserstoffsekundärdrucksensor P2 und die Wasserstoffkonzentrationssensoren C (27c bis 27d), wie auch in Fig. 3 dargestellt, elektrisch mit einer Eingangsschnittstellenschaltung einer ECU 100 als Steuer- und Schaltvorrichtung verbunden. Wie ferner in Fig. 2 dargestellt, sind das Wasserstoffzufuhrmagnetventil 76, das wasserstoffseitige Außenlufteinleitungsmagnetventil 79, das Wasserstoffumlaufmagnetventil 83, die Wasserstoffsaugpumpe 82, das Wasserstoffauslaßmagnetventil 85 und das Wasserstoffabsaugumgehungsventil 89, wie auch in Fig. 3 gezeigt, elektrisch mit einer Ausgangsschnittstellenschaltung der ECU 100 verbunden. Die ECU 100 weist eine Zentraleinheit (CPU) einen ROM-Speicher, einen RAM-Speicher und außerdem einen Stromversorgungskreis auf.

[0056] Wie in Fig. 4 dargestellt, ist der Brennstoffzellenstapel 1 der Brennstoffzellenbaugruppe 10 so beschaffen, daß an beiden Enden eines Stapels 20 Endplatten 10h und 10i vorgesehen sind, und beide Endplatten 10h und 10i werden jeweils in Breitenrichtung durch zwei Stäbe 10b gehalten. Übrigens sind zwischen beiden Enden des Stapels 20 und zwischen den beiden Endplatten 10h und 10i in Längsrichtung Stromabnehmerplatten 10c und Isolierplatten 10d eingelegt. Der Stapel 20 ist so beschaffen, daß Zellen 21 als die einzelnen Brennstoffzellen, die schematisch in Fig. 5 dargestellt sind, zusammengeschaltet werden, während angrenzende Trennelemente 22 an Masse gelegt werden. Jede der Zellen 21 wird durch die Trennelemente 22, die ein Paar bilden, eine auf einer Oberflächenseite jedes Trennelements

22 vorgesehene Wasserstoffelektrode (Anode) 24, eine auf der anderen Oberflächenseite jedes Trennelements 22 vorgesehene Lufterlektrode (Kathode) 25 und eine Elektrolytschicht 26 vom Typ eines Festelektrolytfilms gebildet, die aus einem Ionenaustauscherharz besteht, das zwischen der Wasserstoffelektrode 24 und der Lufterlektrode 25 eingebracht wird. In dem Elektrolyten der Wasserstoffelektrode 24 und im Elektrolyten der Lufterlektrode 25 ist ein Katalysator enthalten, wie z. B. Platin. Alle Wasserstoffelektroden 24 sind elektrisch mit der in Fig. 4 dargestellten einen Stromabnehmerplatte 10c verbunden, alle in Fig. 5 dargestellten Lufterlektroden 25 sind elektrisch mit der in Fig. 4 dargestellten anderen Stromabnehmerplatte 10e verbunden, und die jeweiligen Anschlüsse 10e beider Abnehmerelektroden 10c stehen aus dem Stapel 20 hervor.

[0057] Wie schematisch in Fig. 5 und im Detail in Fig. 6 dargestellt, sind an einer Oberfläche des an einem Ende des Stapels 20 angeordneten Trennelements 22 konkave Abschnitte 22b mit jeweils eingeschlossenem bzw. umrandetem äußerem Umfang vorgesehen, und in vertikaler Richtung sind an den Bodenflächen der konkaven Abschnitte 22b mehrere konvexe Abschnitte 22c in Längsrichtung ausgerichtet, zwischen denen Nuten 22d ausgebildet sind. Die jeweiligen konvexen Abschnitte 22c sind so gestaltet, daß sie mit der Wasserstoffelektrode 24 in Kontakt sind, und die entsprechenden Nuten 22d sind etwas höher als die Bodenfläche. Wie in Fig. 6 dargestellt, sind die beiden oberen und unteren Gaszufuhröffnungen 22e und 22f in dem konkaven Abschnitt 22b an einem Ende in Längsrichtung vorgesehen, und die beiden oberen und unteren Gasabflußöffnungen 22g und 22h sind am anderen Ende in Längsrichtung vorgesehen. Wie in Fig. 4 dargestellt, sind an der anderen Oberfläche des am anderen Ende des Stapels 20 angeordneten Trennelements 22, wie schematisch in Fig. 5 dargestellt, mehrere Luftdurchflußkanäle 23b als vertikal verlaufende Sauerstoffkammern ausgebildet. In dem anderen Trennelement 22 sind sowohl die konkaven Abschnitte 22b und dergleichen als auch die Luftdurchflußkanäle 23b ausgebildet. [0058] Wie in Fig. 4 dargestellt, ist in dem am anderen Ende des Stapels 20 angeordneten Trennelement 22, wie in Fig. 6 im Detail dargestellt, von der Seite des konkaven Abschnitts 22b aus gesehen, im oberen Teil an einem Ende eine Sensoranschlußbohrung 23i und im unteren Teil am anderen Ende eine Sensoranschlußbohrung 23j angebracht.

[0059] Alle Gaszufuhröffnungen 22e und 22f der jeweiligen Trennelemente 22 stehen miteinander in Verbindung und führen zu einem Gaszufuhrverbinder 10f, der an der in Fig. 4 dargestellten einen Endplatte 10h angebracht ist. Der Gaszufuhrverbinder 10f ist am oberen Teil der Endplatte 10h an einem Ende befestigt, und das in den Fig. 1 und 2 dargestellte Wasserstoffzufuhrrohr H1 wird an den Gaszufuhrverbinder 10f angeschlossen.

[0060] Ferner stehen auch alle Gasabflußöffnungen 22g und 22h der jeweiligen, in Fig. 6 dargestellten Trennelemente 22 in Verbindung miteinander und führen zu einem Gasabflußverbinder 10g, der an der in Fig. 4 dargestellten anderen Endplatte 10i angebracht ist. Der Gasabflußverbinder 10g ist an einem unteren Teil am anderen Ende der Endplatte 10i befestigt, und das in den Fig. 1 und 2 dargestellte Wasserstoffumlaufrohr H4 wird an den Gasabflußverbinder 10g angeschlossen.

[0061] Auf diese Weise werden, wie in Fig. 6 dargestellt, die jeweils an den Oberflächen der entsprechenden Trennelemente 22 ausgebildeten konkaven Abschnitte 22b zu Gaskanälen als Brennstoffkammern 22b, die mit den Gaszufuhröffnungen 22e und 22f und den Gasabflußöffnungen 22g und 22h in Verbindung stehen. In den Gaskanälen kann wegen der Existenz der mehreren konvexen Abschnitte 22c das

Wasserstoffgas als Brenngas auf mehreren Wegen fließen, und dadurch ist die Kontaktfläche zwischen der Wasserstoffelektrode 24 und dem Wasserstoffgas groß, und der Durchflußwiderstand der Wasserstoffgases ist gering, so daß leicht eine hohe Nutzleistung erzielt werden kann. Andererseits sind die Sensoranschlußbohrungen 23i und 23j Bereiche, wo das Wasserstoffgas im Gaskanal wahrscheinlich stagniert.

[0062] Wie in Fig. 4 dargestellt, ist der Wasserstoffkonzentrationssensor C (27c) am oberen Teil der anderen Endplatte 10i an einem Ende angebracht, und auch der Wasserstoffkonzentrationssensor C (27d) ist am unteren Teil der Endplatte 10i am anderen Ende angebracht. Auf diese Weise sind die Wasserstoffkonzentrationssensoren C (27c bis 27d) in den Bereichen installiert, wo das Wasserstoffgas wahrscheinlich in der Brennstoffkammer 22b stagniert, so daß das Wasserstoffgas in der Brennstoffkammer 22b fast vollständig durch die Wasserstoffsaugpumpe 82 und dergleichen abgesaugt werden kann.

[0063] Wie in Fig. 7 dargestellt, werden Sonden der Wasserstoffkonzentrationssensoren C (27c bis 27d) in den Sensoranschlußbohrungen 23i und 23j des Trennelements 22 am anderen Ende des Stapels 20 angeordnet. Auf diese Weise halten die steifen Trennelemente 22 die Wasserstoffkonzentrationssensoren C (27c bis 27d) fest. Da ferner die Wasserstoffkonzentrationssensoren C (27c bis 27d) an den Trennelementen 22 angebracht werden, die am anderen Ende des Brennstoffzellenstapels 1 angeordnet sind, läßt sich ausreichend feststellen, ob das Wasserstoffgas in der Brennstoffkammer 22b im gesamten Brennstoffzellenstapel 1 verbleibt oder nicht; die Anzahl der Wasserstoffkonzentrationssensoren C (27c bis 27d) kann verringert werden, und die Kostensenkung des Brennstoffzellensystems wird realisiert.

[0064] In dem Brennstoffzellensystem, das gemäß der obigen Beschreibung strukturiert ist, übernimmt die in den Fig. 2 und 3 dargestellte Steuereinrichtung ECU 100 die Steuerung gemäß den in den Fig. 8 bis 13 dargestellten Ablaufdiagrammen.

[0065] Bei der Ausführung eines in Fig. 8 dargestellten Hauptprogramms wird zunächst im Schritt S100 beurteilt, ob ein Zündschlüssel eingeschaltet ist (ON). Wenn JA, dann geht die Verarbeitung zum Schritt S200 über, und das in Fig. 9 dargestellte Unterprogramm S200 zur Luft/Wasser-Zuflußsteuerung beim Anfahren wird ausgeführt. Danach geht die Verarbeitung zum dem in Fig. 8 dargestellten Schritt S300 über, und das in Fig. 10 dargestellte Unterprogramm S300 zur Wasserstoffzufluß-Anfahrsteuerung wird ausgeführt. Dann geht die Verarbeitung zu dem in Fig. 8 dargestellten Schritt S400 über, und es wird beurteilt, ob eine durch die Energieerzeugung des Brennstoffzellenstapels 1 erzeugte Spannung 0,95 V übersteigt oder nicht. Wenn JA, wird ein Unterprogramm zur stationären Steuerung ausgeführt, deren Details hier weggelassen werden. Wenn die Antwort Schritt S100 oder im Schritt S400 NEIN ist, wird ein Hauptprogramm S500 zur Abschaltsteuerung ausgeführt.

[0066] In dem in Fig. 9 Unterprogramm S200 zur Luft/Wasser-Zuflußsteuerung beim Anfahren wird zunächst im Schritt S210 beurteilt, ob die vom Wassertempersensor T2 erfaßte Temperatur von im Wassertank 37 gespeichertem Wasser höher als 0°C ist oder nicht. Wenn JA, geht die Verarbeitung zum Schritt S220 über. Wenn NEIN, geht die Verarbeitung zum Schritt S230 über. Im Schritt S230 wird die Wassertankheizung 43 eingeschaltet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S240 über. Im Schritt S240 wird die Beurteilung so lange wiederholt, bis die vom Temperatursensor T2 erfaßte Wassertemperatur 3°C übersteigt, und wenn JA,

geht die Verarbeitung zum Schritt S220 über. Im Schritt S220 wird das Luftzufuhrgebläse 14 eingeschaltet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S250 über. Im Schritt S250 wird beurteilt, ob der vom Wasserstandsfühler T. erfaßte Wasserstand im Wassertank 37 einen vorgegebenen Wert übersteigt oder nicht. Wenn JA, geht die Verarbeitung zum Schritt S260 über. Wenn NEIN, wird ein in Fig. 13 dargestelltes Unterprogramm S700 zur Luft/Wasser-Zuflußabschaltsteuerung ausgeführt. Im Schritt S260 wird die Direkteinspritzpumpe 35 eingeschaltet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S270 über. Im Schritt S270 wird die Beurteilung wiederholt, ob die von den Abgastempersensoren T3 und T4 erfaßte Abgastemperatur höher als 0°C ist, und wenn JA, geht die Verarbeitung zum Schritt S280 über. Im Schritt S280 wird die Wassertankheizung 43 abgeschaltet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S290 über. Im Schritt S290 wird die Direkteinspritzpumpe 35 abgeschaltet, und das in Fig. 10 dargestellte Unterprogramm S300 zur Wasserstoffzufuhr-Anfahrsteuerung wird ausgeführt.

[0067] Im Unterprogramm S300 zur Wasserstoffzufuhr-Anfahrsteuerung wird zunächst im Schritt S305 ein Ausgangssignal des Wasserstoffprimärdrucksensors P1 eingelesen, und die Verarbeitung geht zum Schritt S310 über. Im Schritt S310 wird beurteilt, ob der Wasserstoffprimärdruck 10 kPa übersteigt und kleiner als 100 kPa ist oder nicht. Wenn JA, geht die Verarbeitung zum Schritt S315 über. Im Schritt S315 werden Ausgangssignale der Wasserstoffkonzentrationssensoren C (27c bis 27d) eingelesen, und die Verarbeitung geht zum Schritt S320 über. Im Schritt S320 wird beurteilt, ob die von allen Wasserstoffkonzentrationssensoren C (27c bis 27d) erfaßte Wasserstoffkonzentration niedriger als 95% ist. Wenn JA, geht die Verarbeitung zum Schritt S325 über. Wenn NEIN, wird hier andererseits ein in Fig. 14 dargestelltes Unterprogramm S800 zur Wiederanfahrsteuerung ausgeführt.

[0068] Im Schritt S325 wird das Wasserstoffauslaßmagnetventil 85 geöffnet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S330 über. Im Schritt S330 wird die Wasserstoffsaugpumpe 82 eingeschaltet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S335 über. Im Schritt S335 wird ein Ausgangssignal des Wasserstoffsekundärdrucksensors P2 eingelesen, und die Verarbeitung geht zum Schritt S340 über. Im Schritt S340 wird beurteilt, ob der Druck der Brennstoffkammer (Gaskanal) 22b, die aus dem konkaven Abschnitt 22b an den Trennelementen 22 an beiden Enden des Stapels 20 gebildet wird, kleiner als 10 kPa ist. Wenn JA, geht die Verarbeitung zum Schritt S345 über (Austragmodus). Wenn NEIN, geht die Verarbeitung zum Schritt S350 über. Im Schritt S350 wird beurteilt, ob 60 Sekunden seit dem Einschalten der Wasserstoffsaugpumpe 82 vergangen sind oder nicht. Wenn NEIN, kehrt die Verarbeitung zum Schritt S340 zurück.

[0069] Im Schritt S345 wird Wasserstoffzuflußmagnetventil 76 geöffnet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S355 (Zuflußmodus) über. Im Schritt S355 werden Ausgangssignale der Wasserstoffkonzentrationssensoren C (27c bis 27d) eingelesen, und die Verarbeitung geht zum Schritt S360 über. Im Schritt S360 wird beurteilt, ob die von allen Wasserstoffkonzentrationssensoren C (27c bis 27d) erfaßte Wasserstoffkonzentration kleiner als 95% ist. Wenn JA, geht die Verarbeitung zum Schritt S365 über. Wenn NEIN, geht die Verarbeitung zum Schritt S370 über. Im Schritt S370 wird beurteilt, ob seit dem Öffnen des Wasserstoffzuflußmagnetventils 76 30 Sekunden vergangen sind oder nicht. Wenn NEIN, kehrt die Verarbeitung zum Schritt S355 zurück.

[0070] Im Schritt S365 wird das Wasserstoffauslaßmagnetventil 85 geschlossen, und die Verarbeitung geht zum Schritt S375 über. Im Schritt S375 wird eine Spannung ein-

gelesen, und die Verarbeitung geht zum Schritt S380 über. Im Schritt S380 wird beurteilt, ob die Spannung höher ist als 0,95 V oder nicht. Wenn JA, geht die Verarbeitung zum Schritt S390 über. Im Schritt S390 wird das Wasserstoffumlaufmagnetventil **83** geöffnet, und dann wird ein Unterprogramm zur stationären Steuerung ausgeführt (Umlaufmodus). Wenn die Antwort im Schritt S310 NEIN, im Schritt S350 oder im Schritt S370 JA oder im Schritt S380 NEIN ist, wird ein in Fig. 12 dargestelltes Unterprogramm zur Abschaltsteuerung der Wasserstoffzufuhr ausgeführt.

[0071] Andererseits wird nach einem stationären Betrieb bei Ausführung des in Fig. 11 dargestellten Hauptprogramms zunächst im Schritt S510 beurteilt, ob der Zündschlüssel ausgeschaltet ist oder nicht. Wenn JA, geht die Verarbeitung zum Schritt S520 über. Im Schritt S520 wird das Ausgangsrelais **92** ausgeschaltet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S530 über. Im Schritt S530 wird das in Fig. 12 dargestellte Unterprogramm S600 zur Abstellsteuerung der Wasserstoffzufuhr ausgeführt, und die Verarbeitung geht zu dem in Fig. 11 dargestellten Schritt S540 über. Im Schritt S540 wird das in Fig. 13 dargestellte Unterprogramm S700 zur Luft/Wasser-Zuflußabschaltsteuerung ausgeführt, und die Verarbeitung geht zu dem in Fig. 11 dargestellten Schritt S550 über. Im Schritt S550 werden alle Stromquellen abgeschaltet, und das Brennstoffzellensystem wird gestoppt. Im Schritt S510 überwacht das Brennstoffzellensystem ferner, ob der Zündschlüssel ausgeschaltet ist.

[0072] Bei der Ausführung des in Fig. 12 dargestellten Unterprogramms S600 zur Abstellsteuerung der Wasserstoffzufuhr wird zunächst im Schritt S605 das Wasserstoffzuflußmagnetventil **76** geschlossen, und die Verarbeitung geht zum Schritt S610 über. Im Schritt S610 wird das Wasserstoffauslaßmagnetventil **85** geöffnet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S615 über. Im Schritt S615 wird das Wasserstoffumlaufmagnetventil **83** geschlossen, und die Verarbeitung geht zum Schritt S620 über. Im Schritt S620 wird die Wasserstoffsäugpumpe **82** eingeschaltet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S625 (Austragmodus) über. Im Schritt S625 wird das Ausgangssignal des Wasserstoffsekundärdrucksensors P2 eingelesen, und die Verarbeitung geht zum Schritt S630 über. Wenn im Schritt S630 der Druck der Brennstoffkammer **22b** unter 10 kPa absinkt, geht die Verarbeitung zum Schritt S635 über. Im Schritt S635 wird das wasserstoffseitige Außenlufteinleitungsmagnetventil **79** geöffnet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S640 über. Im Schritt S640 wird eine Spannung eingelesen, und die Verarbeitung geht zum Schritt S645 über. Wenn im Schritt S645 die Spannung niedriger als 0,1 V wird, geht die Verarbeitung zum Schritt S650 über. Im Schritt S650 wird das wasserstoffseitige Außenlufteinleitungsmagnetventil **79** geschlossen, und die Verarbeitung geht zum Schritt S655 über. Im Schritt S655 wird das Wasserstoffauslaßmagnetventil **85** geschlossen, und die Verarbeitung geht zum Schritt S660 über. Im Schritt S660 wird das Wasserstoffumlaufmagnetventil **83** geöffnet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S665 über. Wenn im Schritt S665 die von allen Wasserstoffkonzentrationsensoren C (**27c** bis **27d**) erfaßte Wasserstoffkonzentration niedriger als 5% wird, geht die Verarbeitung zum Schritt S670 über. Im Schritt S670 wird die Wasserstoffsäugpumpe **82** gestoppt, und die Verarbeitung geht zum Schritt S675 über. Im Schritt S675 erfolgt ein Sprung zu dem in Fig. 13 dargestellten Unterprogramm S700 zur Luft/Wasser-Zuflußabschaltsteuerung.

[0073] Bei der Ausführung des Unterprogramms S700 zur Luft/Wasser-Zuflußabschaltsteuerung wird zunächst im Schritt S710 die Direkteinspritzpumpe **35** eingeschaltet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S720 über. Im Schritt S720 wird das Luftzufuhrgebläse **14** eingeschaltet, und die

Verarbeitung geht zum Schritt S730 über. Wenn im Schritt S730 die Temperatur des Brennstoffzellenstapels **1**, die aus der von den Abgastemperaturfühlern T3 und T4 erfaßten Abgastemperatur abgeleitet wird, niedriger als 30°C wird, geht die Verarbeitung zum Schritt S740 über. Im Schritt S740 wird das Luftzufuhrgebläse **14** abgeschaltet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S750 über. Im Schritt S750 wird die Direkteinspritzpumpe **35** abgeschaltet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S760 über. Im Schritt S760 wird das Direkteinspritzwasser-Zuflußmagnetventil **34** geschlossen, und das Programm wird beendet.

[0074] Ferner wird bei der Ausführung des in Fig. 14 dargestellten Unterprogramms S800 zur Wiederanfahrsteuerung zunächst im Schritt S810 das Wasserstoffumlaufmagnetventil **83** geöffnet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S820 über. Im Schritt S820 wird die Wasserstoffsäugpumpe **82** eingeschaltet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S830 (Umlaufmodus) über. Im Schritt S830 wird das Wasserstoffzuflußmagnetventil **76** geöffnet, und die Verarbeitung geht zum Schritt S840 (Zuflußmodus) über. Im Schritt S840 wird eine Spannung eingelesen, und die Verarbeitung geht zum Schritt S850 über. Im Schritt S850 wird beurteilt, ob die Spannung 0,95 V übersteigt oder nicht. Wenn JA, wird das Unterprogramm zur stationären Steuerung ausgeführt. Wenn NEIN, wird das in Fig. 11 dargestellte Hauptprogramm S500 zur Abschaltsteuerung ausgeführt.

[0075] Da während dieser Schritte in dem Brennstoffzellensystem nach dem Abstellen des Brennstoffzellenstapels **1** das in der Brennstoffkammer **22b** verbleibende Wasserstoffgas wirksam durch die Wasserstoffsäugpumpe **82** aus den Gasabflußöffnungen **22g** und **22h** abgesaugt werden kann, vermischen sich das Wasserstoffgas und die Luft nicht in der Brennstoffkammer **22b**, und in der Wasserstoffelektrode **24** entsteht kein Abschnitt, der Wasserstoffgas und Luft enthält. Da kein hohes Potential der Sauerstoffelektrode **26** entsteht, tritt folglich im Katalysator im Elektrolyten der Sauerstoffelektrode **26** überwiegend keine Zersetzung auf, und die Nutzleistung wird nicht vermindert.

[0076] Ferner kann in diesem Brennstoffzellensystem das durch die Wasserstoffsäugpumpe **82** und dergleichen abgesaugte Gas durch die Steuereinrichtung ECU **100** in den Umlaufkanal oder den Austrittskanal gelenkt werden. Falls das Gas in den Umlaufkanal gelenkt wird, kann das Gas zu den Gaszuflußöffnungen **22c** und **22f** zurückgeführt werden. Daher wird in diesem Fall die Wiederverwendung des Gases möglich, und ferner wird die Ungleichmäßigkeit der Konzentrationsverteilung des Gases im Gaskanal beseitigt, und die teilweise Stagnation des Gases kann verhindert werden. Andererseits läßt man während des Anfahrens oder dergleichen, wenn kein wiederverwendetes Gas, sondern ein in dem Wasserstoffspeicherlegierungstank **52** eingeschlossenes reines Gas erwünscht ist, das Gas in den Austrittskanal fließen, und außerdem kann dafür gesorgt werden, daß das Gas nicht von der äußeren Gasauslaßöffnung in die Brennstoffkammer **22b** fließt.

[0077] Daher kann mit dem vorliegenden Brennstoffzellensystem in dem Fall, wo Betrieb und Abschaltung des Brennstoffzellenstapels **1** während eines langen Zeitraums wiederholt werden, sowohl ein hoher Wirkungsgrad realisiert als auch eine Verminderung der Nutzleistung verhindert werden.

[0078] Da ferner in dem vorliegenden Brennstoffzellensystem die Wasserstoffsäugpumpe **82** und dergleichen dafür sorgen, daß das Gas in den Umlaufkanal oder den Austrittskanal fließt, brauchen keine Vorrichtungen bereitgestellt zu werden, die den Gasstrom nur in den Umlaufkanal bzw. nur in den Austrittskanal lenken, was erheblich zur Raumein-

sparung und zu niedrigen Kosten beiträgt. Dadurch können die Montageeigenschaften an einem Elektrofahrzeug verbessert werden, das eine Verlängerung der Fahrstrecke bzw. Reichweite, hohe Geschwindigkeit und niedrige Kosten erfordert. Insbesondere weist der Brennstoffzellenstapel **1** in diesem Brennstoffzellensystem die Trennelemente **22** zur integrierten Ausbildung der Gasabflußöffnungen **22g** und **22h**, der Gaszufußöffnungen **22e** und **22f** und der Gaskanäle zur Verbindung der Gaszufußöffnungen **22e** und **22f** und der Gasabflußöffnungen **22g** und **22h** auf. Ferner wird der Brennstoffzellenstapel **1** durch die mehreren Zellen **21** gebildet, und die Zellen **21** sind durch die Trennelemente **22** miteinander verbunden. Daher ist der Brennstoffzellenstapel **1** leicht herstellbar und kompakt, und die Verbesserung der Montageeigenschaften des Brennstoffzellensystems an dem Elektrofahrzeug sowie die niedrigen Kosten werden mit Sicherheit realisiert.

[0079] Übrigens wird zwar in der obigen Ausführungsform der Wasserstoffkonzentrationssensor **C** als Konzentrationsdetektoreinrichtung gewählt, aber es kann auch ein Sauerstoffkonzentrationssensor statt des Wasserstoffkonzentrationssensors **C** eingesetzt werden.

[0080] Ferner wird zwar in der obigen Ausführungsform das in Höhenrichtung relativ niedrige Trennelement **22** in dem Brennstoffzellenstapel **1** gewählt, wie in Fig. 15 dargestellt, aber der Brennstoffzellenstapel **1** kann auch durch in Höhenrichtung relativ hohe Trennelemente **28** gebildet werden. Ein konkaver Abschnitt **28b** mit eingeschlossenem bzw. umrandetem äußerem Umfang ist an einer Oberfläche der Trennelemente **28** vorgesehen, und in dem konkaven Abschnitt **28b** ist an einem oberen Teil an einem Ende in Längsrichtung eine Gaszufußöffnung **28e** vorgesehen, und an einem unteren Teil am anderen Ende in Längsrichtung ist eine Gasabflußöffnung **28g** vorgesehen. Der konkave Abschnitt **28b** weist eine Trennwand **28k** auf, die horizontal von einem linken Randabschnitt ausgeht und nicht mit einem rechten Randabschnitt verbunden ist, so daß das von der Gaszufußöffnung **28e** zugeführte Wasserstoffgas im wesentlichen horizontal geführt wird, sowie eine Trennwand **28l**, die horizontal von dem rechten Randabschnitt ausgeht und nicht mit dem linken Randabschnitt verbunden ist, so daß das so geführte Wasserstoffgas von der Trennwand **28k** zurückgeführt wird und den unteren Teil erreicht und wieder im wesentlichen horizontal geführt wird. Ferner befinden sich an der Unterseite des konkaven Abschnitts **28b** mehrere erste konvexe Abschnitte **28m**, die in dem Bereich in der Nähe des rechten Endes der Trennwand **28k** und in dem Bereich in der Nähe des linken Endes der Trennwand **28l** in Form von Vierkantstangen vorstehen, und mehrere in horizontaler Richtung ausgerichtete zweite konvexe Abschnitte **22n** im übrigen Bereich. Zwischen den verschiedenen zweiten konvexen Abschnitten **28n** sind Nuten **28o** vorhanden, die etwas höher sind als die Bodenfläche, und die entsprechenden zweiten konvexen Abschnitte **22n** sind in Längsrichtung ausgerichtet. Die Trennwände **28k** und **28l**, die verschiedenen ersten konvexen Abschnitte **28m** und die entsprechenden zweiten konvexen Abschnitte **22n** sind in Kontakt mit einer Wasserstoffelektrode **24**.

[0081] In dem am anderen Ende des Stapels **20** angeordneten Trennelement **28** ist eine Sensoranschlußbohrung **28i** in der Nähe des linken Endes der Trennwand **28l** angeordnet, gesehen von der Seite des konkaven Abschnitts **28b** aus, und in der Nähe des rechten Endes der Trennwand **28k** ist eine Sensoranschlußbohrung **28j** vorgesehen. Die übrige Struktur ist dem Trennelement **22** ähnlich.

[0082] So bildet jeder der auf einer Oberfläche der entsprechenden Trennelemente **28** ausgebildeten konkaven Abschnitte **28b** einen zweifach umgebogenen Gaskanal als

Brennstoffkammer **28b**, die mit einer Gaszufußöffnung **28e** und einer Gasabflußöffnung **28g** in Verbindung steht. In dem Gaskanal kann durch das Vorhandensein der mehreren ersten konvexen Abschnitte **28m** und zweiten konvexen Abschnitte **28n** das Wasserstoffgas auf mehreren Wegen fließen, und die Sensoranschlußbohrungen **28i** und **28j** sind Bereiche, wo das Wasserstoffgas wahrscheinlich in dem Gaskanal stagniert. Auch wenn diese Trennelemente **28** gewählt und in den Sensoranschlußbohrungen **28i** und **28j** Wasserstoffkonzentrationssensoren **C** angebracht werden, kann das Wasserstoffgas in der Brennstoffkammer **28b** durch die Wasserstoffsaugpumpe **82** und dergleichen im wesentlichen vollständig abgesaugt werden.

[0083] Übrigens sind zwar in der obigen Ausführungsform das Direkteinspritzwasser-Zufußmagnetventil **34**, das Füllwasserzufußmagnetventil **39**, das Abflußmagnetventil **42**, das Wasserstoffzufußmagnetventil **76**, das wasserstoffseitige Außenlufteinleitungsmagnetventil **79**, das Wasserstoffumlaufmagnetventil **83** und das Wasserstoffauslaßmagnetventil **85** als Magnetventile konstruiert, können aber auch als Servoventile und dergleichen konstruiert sein.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem mit einer Brennstoffzelle, die eine Brennstoffkammer für die Zufuhr von Wasserstoff zu einer Wasserstoffelektrode und eine Sauerstoffkammer für die Zufuhr von Sauerstoff zu einer Sauerstoffelektrode einschließt, wobei das Brennstoffzellensystem aufweist:
eine Gaszufußöffnung zum Einspeisen eines Gases in die Brennstoffkammer;
eine Gasabflußöffnung zum Ablassen des Gases aus der Brennstoffkammer;
eine Absaugvorrichtung zum Absaugen des Gases aus der Gasabflußöffnung;
einen Umlaufkanal, um die Gasabflußöffnung und die Gaszufußöffnung über die Absaugvorrichtung miteinander zu verbinden; und
einen Austrittskanal, um die Gasabflußöffnung und eine äußere Gasauslaßöffnung über die Absaugvorrichtung miteinander zu verbinden.
2. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, das ferner eine Schaltvorrichtung zum Umschalten zwischen dem Umlaufkanal und dem Austrittskanal aufweist.
3. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 2, wobei die Schaltvorrichtung den Austrittskanal beim Anfahren oder Abschalten der Brennstoffzelle und den Umlaufkanal während des Betriebs der Brennstoffzelle wählt.
4. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Brennstoffzelle ein Trennelement einschließt, das in einem Stück eine Gaszufußöffnung, eine Gasabflußöffnung und einen Gasdurchflußkanal bildet, der die Gaszufußöffnung und die Gasabflußöffnung miteinander verbindet.
5. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 4, wobei mehrere Brennstoffzellen gestapelt sind und die Brennstoffzellen durch das Trennelement miteinander verbunden sind.
6. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Saugvorrichtung eine Saugpumpe einschließt.
7. Brennstoffzellensystem mit einer Brennstoffzelle, die eine Brennstoffkammer für die Zufuhr von Wasserstoff zu einer Wasserstoffelektrode und eine Sauerstoffkammer für die Zufuhr von Sauerstoff zu einer Sauerstoffelektrode einschließt, wobei das Brennstoffzellensystem aufweist:

eine Gasspeichervorrichtung zum Speichern eines Gases, das den Wasserstoff enthält;
 eine Gaszufußöffnung zum Einspeisen des Gases in die Brennstoffkammer;
 eine Gasabflußöffnung zum Ablassen des Gases aus der Brennstoffkammer;
 eine Absaugvorrichtung zum Absaugen des Gases aus der Gasabflußöffnung; und
 eine Steuereinrichtung, und
 wobei die Steuereinrichtung aufweist:
 einen Umlaufmodus zum Betrieb der Absaugvorrichtung, um das aus der Gasabflußöffnung abgesaugte Gas zur Gaszufußöffnung zurückzuführen;
 einen Austragsmodus zum Betrieb der Absaugvorrichtung, um das aus der Gasabflußöffnung abgesaugte Gas zu einer äußeren Gasauslaßöffnung abzugeben; und
 einen Zufußmodus zum Zuführen des Gases aus der Gasspeichervorrichtung zur Gaszufußöffnung.
 8. Brennstoffzellensystem mit einer Brennstoffzelle, die eine Brennstoffkammer für die Zufuhr von Wasserstoff zu einer Wasserstoffelektrode und eine Sauerstoffkammer für die Zufuhr von Sauerstoff zu einer Sauerstoffelektrode einschließt, wobei das Brennstoffzellensystem aufweist:
 eine Gasspeichervorrichtung zum Speichern eines Gases, das den Wasserstoff enthält;
 eine Gaszufußöffnung zum Einspeisen des Gases in die Brennstoffkammer;
 eine Gasabflußöffnung zum Ablassen des Gases aus der Brennstoffkammer;
 eine Absaugvorrichtung zum Absaugen des Gases aus der Gasabflußöffnung; und
 eine Steuereinrichtung, und
 wobei die Steuereinrichtung das Gas, das durch die Saugvorrichtung aus der Gasabflußöffnung abgesaugt wurde, während des Anfahrens der Brennstoffzelle aus einer äußeren Gasauslaßöffnung austreten läßt und während des Betriebs der Brennstoffzelle das durch die Saugvorrichtung aus der Gasabflußöffnung abgesaugte Gas zur Gaszufußöffnung zurückführt.
 9. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 8, wobei während des Anfahrens der Brennstoffzelle und nach dem Ablassen des Gases zu der äußeren Gasauslaßöffnung die Steuereinrichtung das Gas aus der Gasspeichervorrichtung in die Brennstoffkammer einleitet.
 10. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 8 oder 9, das ferner einen Sauerstoffkonzentrationsensor zum Erfassen einer Sauerstoffkonzentration in der Brennstoffkammer aufweist, wobei die Steuereinrichtung anhand eines Ausgangssignals des Sauerstoffkonzentrationsensors entscheidet, ob das Gas zur äußeren Gasauslaßöffnung abgelassen wird.
 11. Brennstoffzellensystem mit einer Brennstoffzelle, die eine Brennstoffkammer für die Zufuhr von Wasserstoff zu einer Wasserstoffelektrode und eine Sauerstoffkammer für die Zufuhr von Sauerstoff zu einer Sauerstoffelektrode einschließt, wobei das Brennstoffzellensystem aufweist:
 eine Gasspeichervorrichtung zum Speichern eines Gases, das den Wasserstoff enthält;
 eine Gaszufußöffnung zum Einspeisen des Gases in die Brennstoffkammer;
 eine Gasabflußöffnung zum Ablassen des Gases aus der Brennstoffkammer;
 eine Absaugvorrichtung zum Absaugen des Gases aus der Gasabflußöffnung; und
 eine Steuereinrichtung, und
 wobei die Steuereinrichtung das Gas, das durch die

Saugvorrichtung aus der Gasabflußöffnung abgesaugt wurde, während des Abschaltens der Brennstoffzelle aus einer äußeren Gasauslaßöffnung austreten läßt und während des Betriebs der Brennstoffzelle das durch die Saugvorrichtung aus der Gasabflußöffnung abgesaugte Gas zur Gaszufußöffnung zurückführt.

12. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 11, wobei während des Abschaltens der Brennstoffzelle und nach dem Ablassen des Gases zu der äußeren Gasauslaßöffnung die Steuereinrichtung Luft von außerhalb der Brennstoffzelle in die Brennstoffkammer einleitet.

13. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 11 oder 12, das ferner einen Wasserstoffkonzentrationsensor zum Erfassen einer Wasserstoffkonzentration in der Brennstoffkammer aufweist, wobei die Steuereinrichtung anhand eines Ausgangssignals des Wasserstoffkonzentrationsensors entscheidet, ob das Gas zur äußeren Gasauslaßöffnung abgelassen wird.

14. Brennstoffzellensystem mit einer Brennstoffzelle, die eine Brennstoffkammer für die Zufuhr von Wasserstoff zu einer Wasserstoffelektrode und eine Sauerstoffkammer für die Zufuhr von Sauerstoff zu einer Sauerstoffelektrode einschließt, wobei das Brennstoffzellensystem aufweist:

eine Gaszufußöffnung zum Einspeisen eines Gases in die Brennstoffkammer;

eine Gasabflußöffnung zum Ablassen des Gases aus der Brennstoffkammer;

eine Absaugvorrichtung zum Absaugen des Gases aus der Gasabflußöffnung; und

eine in der Brennstoffkammer angebrachte Konzentrationsdetektoreinrichtung zum Erfassen einer Konzentration des Gases in der Brennstoffkammer; und
 eine Steuereinrichtung zur Steuerung des Ablassens des Gases durch die Absaugvorrichtung zu einer äußeren Gasauslaßöffnung anhand eines Ausgangssignals der Konzentrationsdetektoreinrichtung.

15. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 7 bis 14, in dem mehrere Brennstoffzellen gestapelt sind und die Brennstoffzellen durch ein Trennelement miteinander verbunden sind, das in einem Stück eine Gaszufußöffnung, eine Gasabflußöffnung und einen Gaskanal ausbildet, um die Gaszufußöffnung und die Gasabflußöffnung miteinander zu verbinden.

16. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 15, wobei die Konzentrationsdetektoreinrichtung an dem Trennelement angebracht ist.

17. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 16, wobei das Trennelement an einem Endabschnitt der gestapelten Brennstoffzellen angeordnet ist.

18. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 14 bis 17, wobei eine Sonde der Konzentrationsdetektoreinrichtung in einem Bereich vorgesehen ist, wo das Gas wahrscheinlich in der Brennstoffkammer stagniert.

19. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 18, wobei der Bereich, wo das Gas wahrscheinlich stagniert, ein Bereich in der Brennstoffkammer ist, wo die Gaszufußöffnung nicht direkt mit der Gasabflußöffnung verbunden ist.

20. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 18 oder 19, wobei das Gas auf mehreren Wegen in der Brennstoffkammer fließen kann.

21. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 20, in dem mehrere Brennstoffzellen gestapelt sind, die Brennstoffzellen durch ein Trennelement, das in einem Stück eine Gaszufußöffnung, eine Gasabflußöffnung und einen Gaskanal ausbildet, um die Gaszufußöffnung und die Gasabflußöffnung miteinander zu verbinden, und

wobei in dem Gaskanal zahllose konvexe Abschnitte vorhanden sind und das Gas auf mehreren Wegen fließen kann.

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

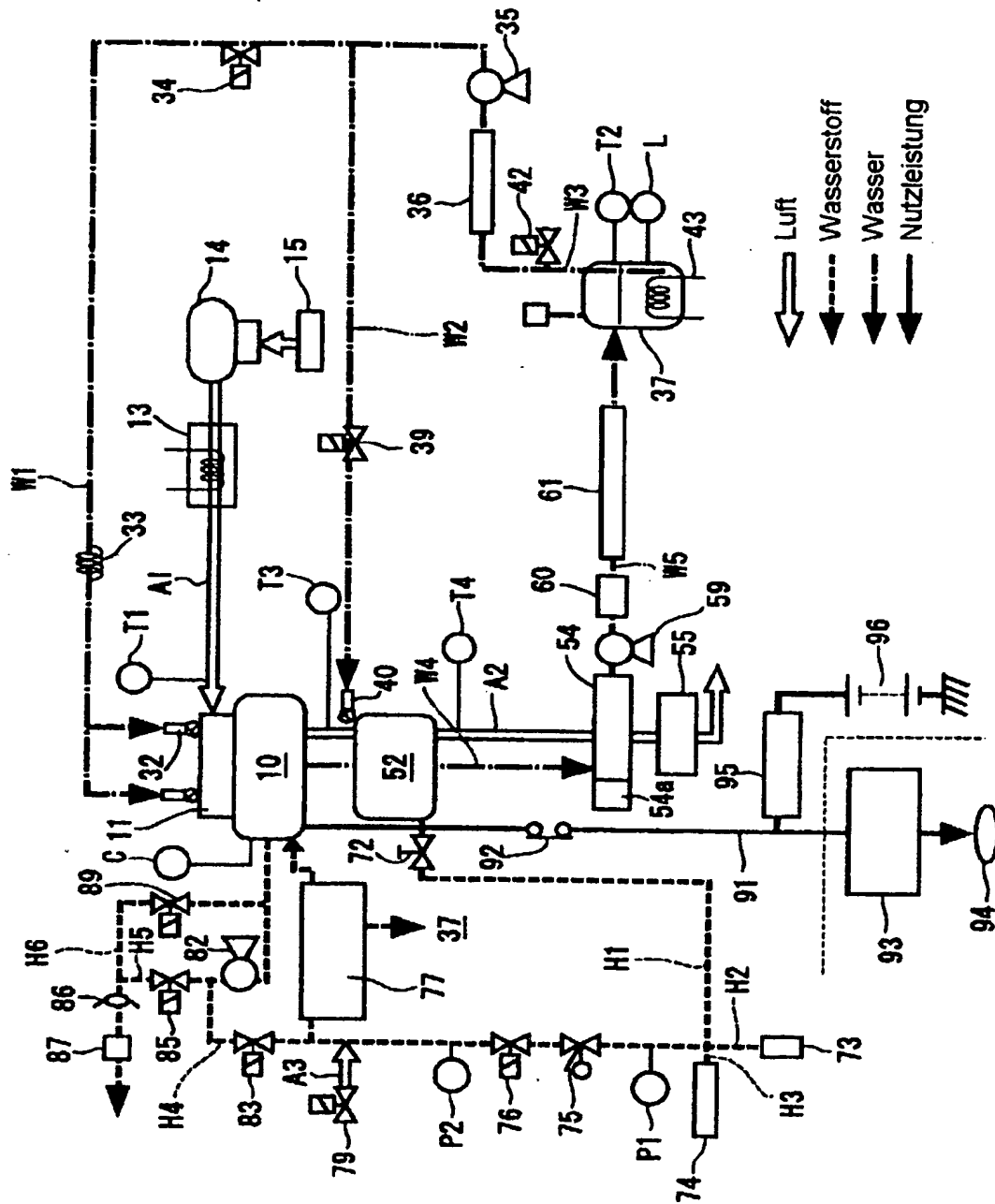


Fig. 2

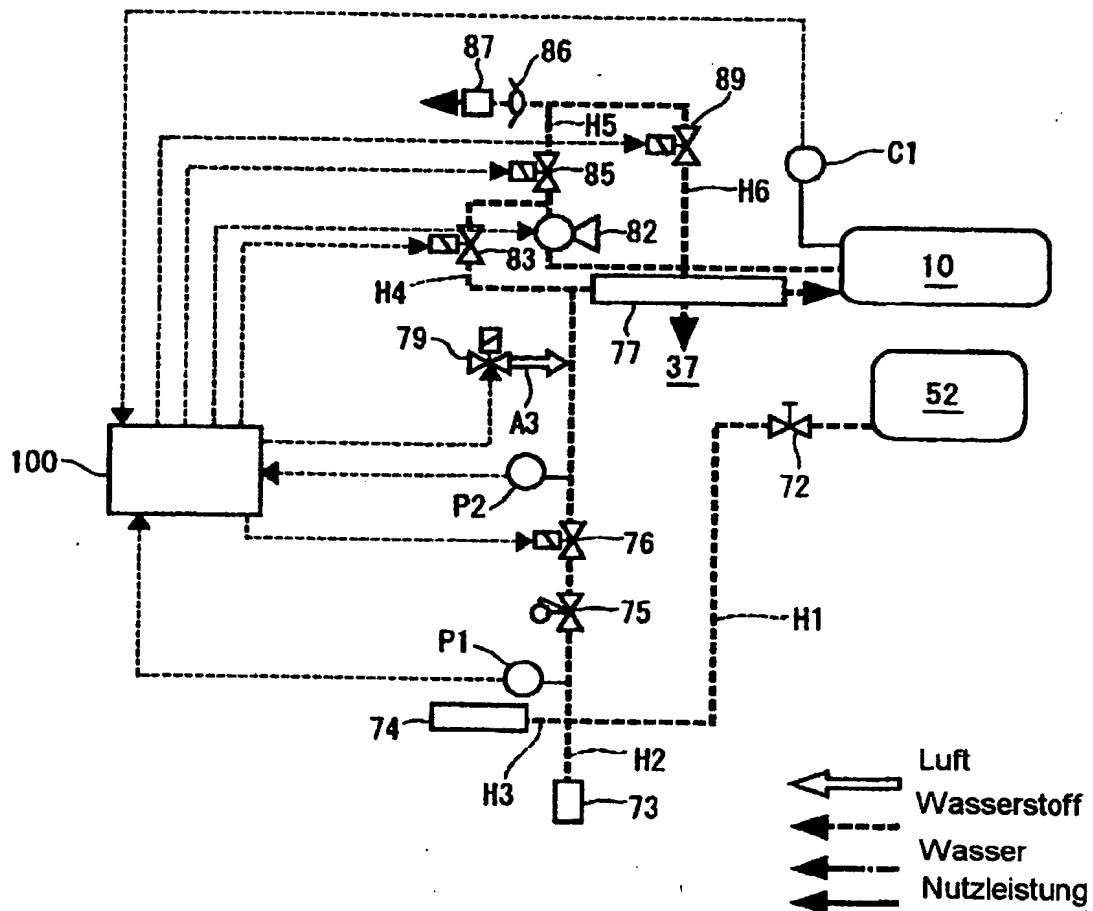
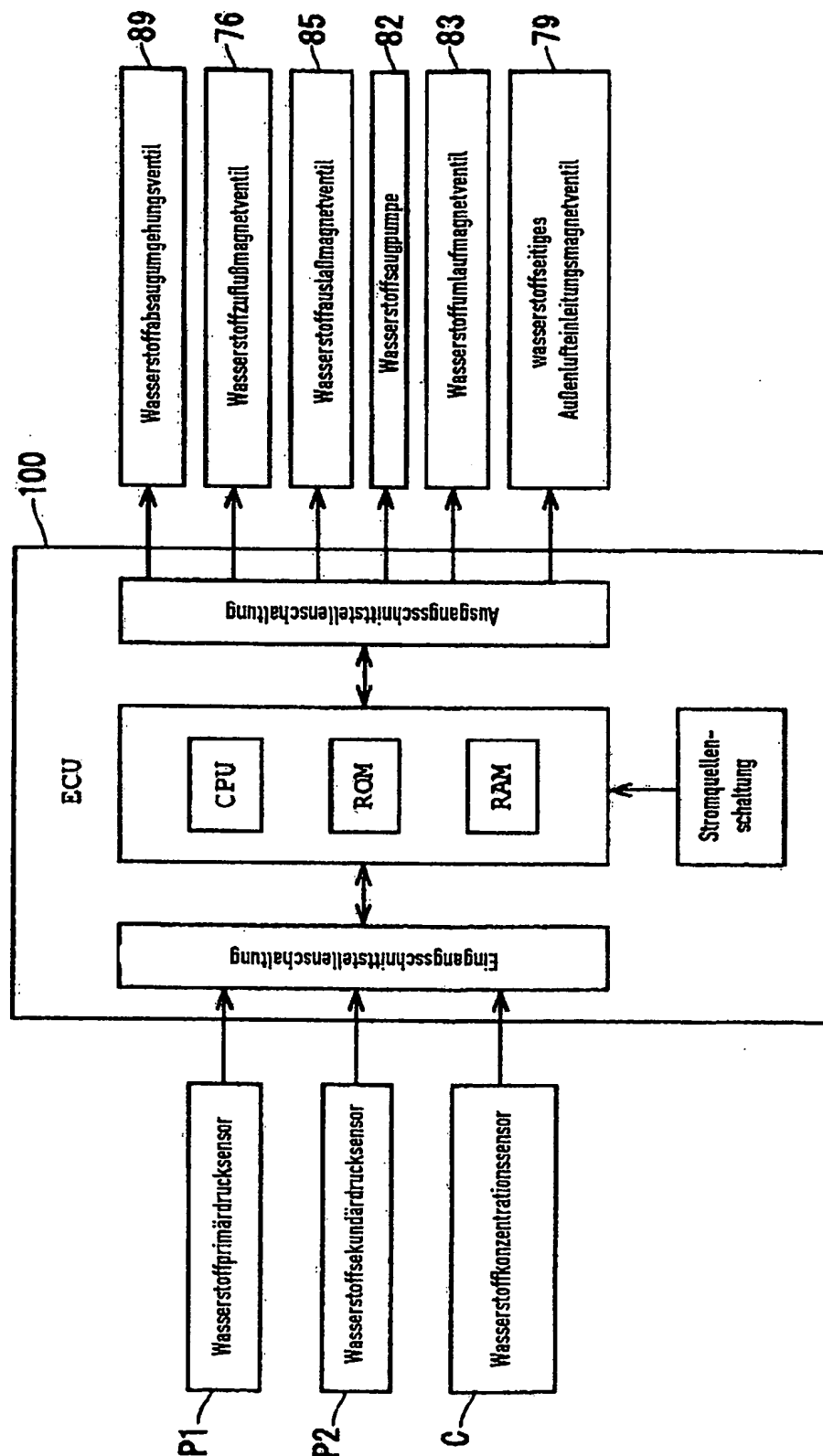


Fig. 3



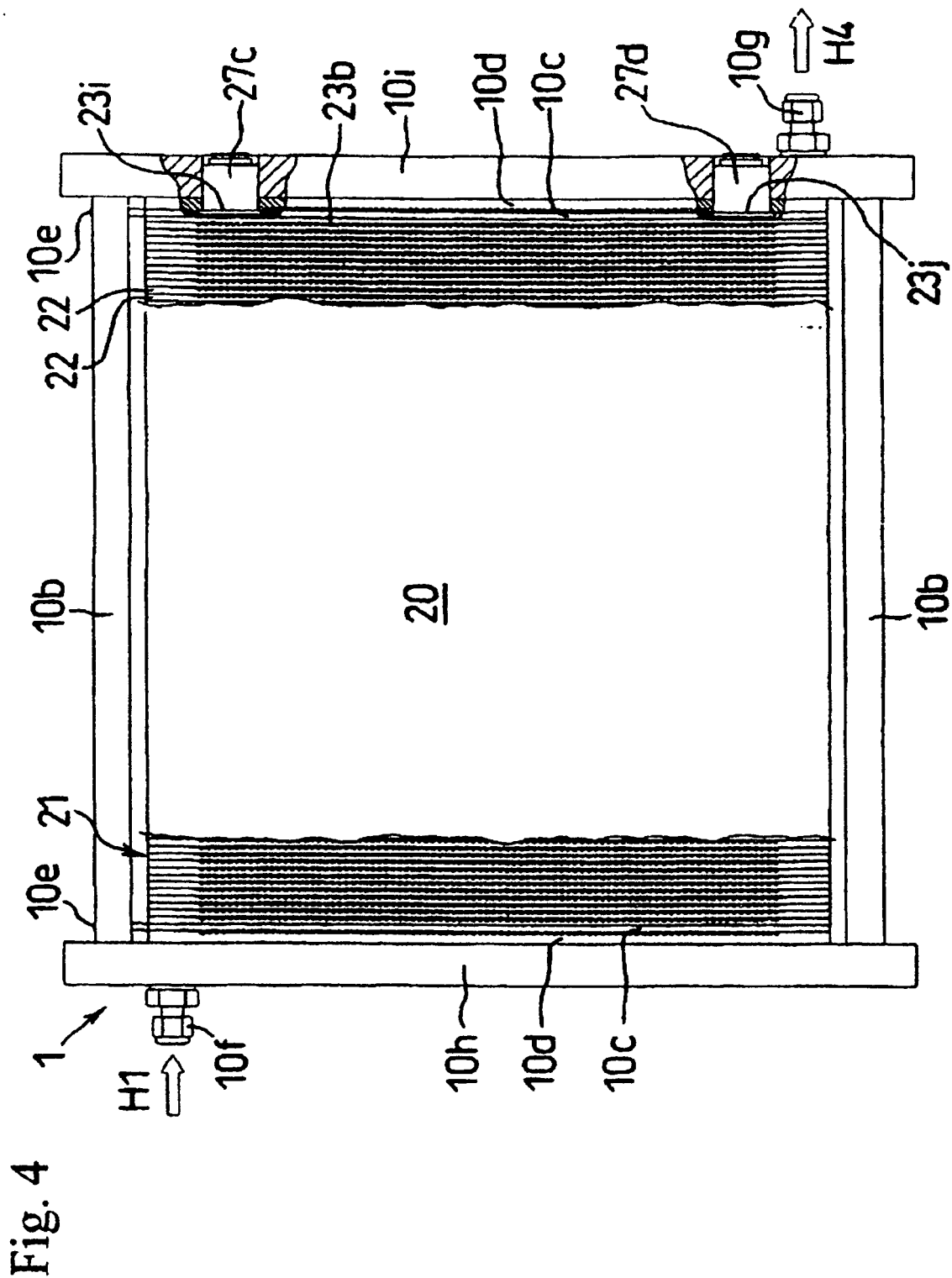


Fig. 5

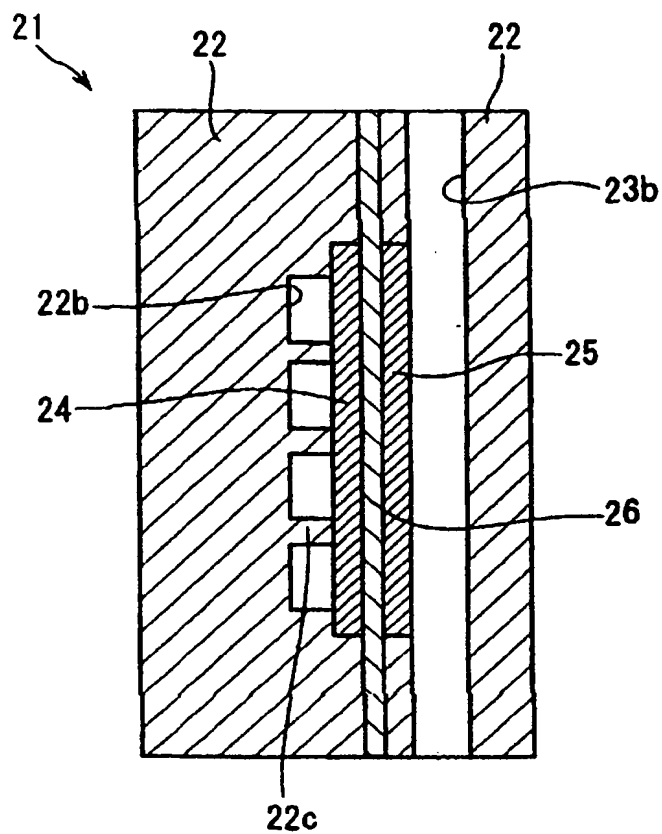


Fig. 7

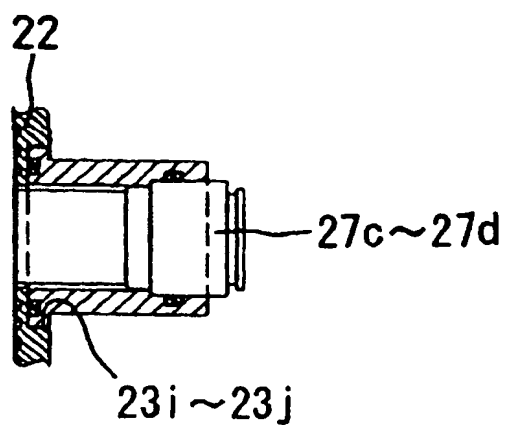


Fig. 6

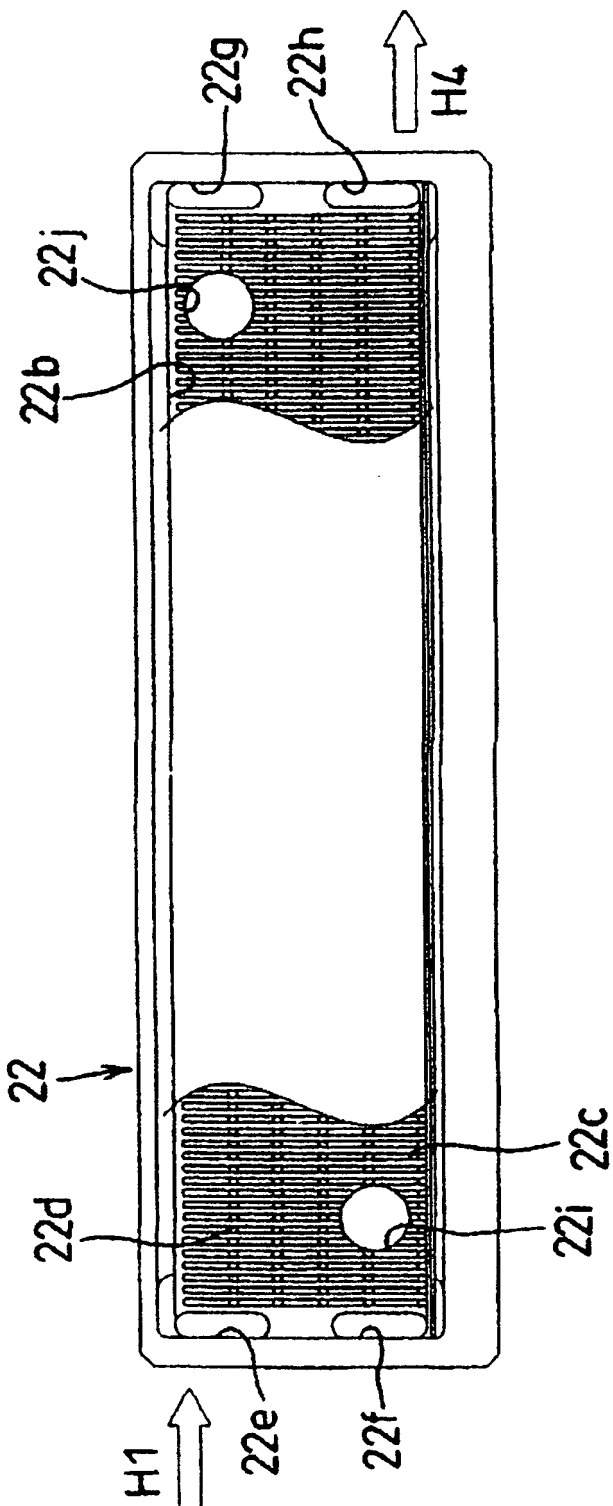


Fig. 8

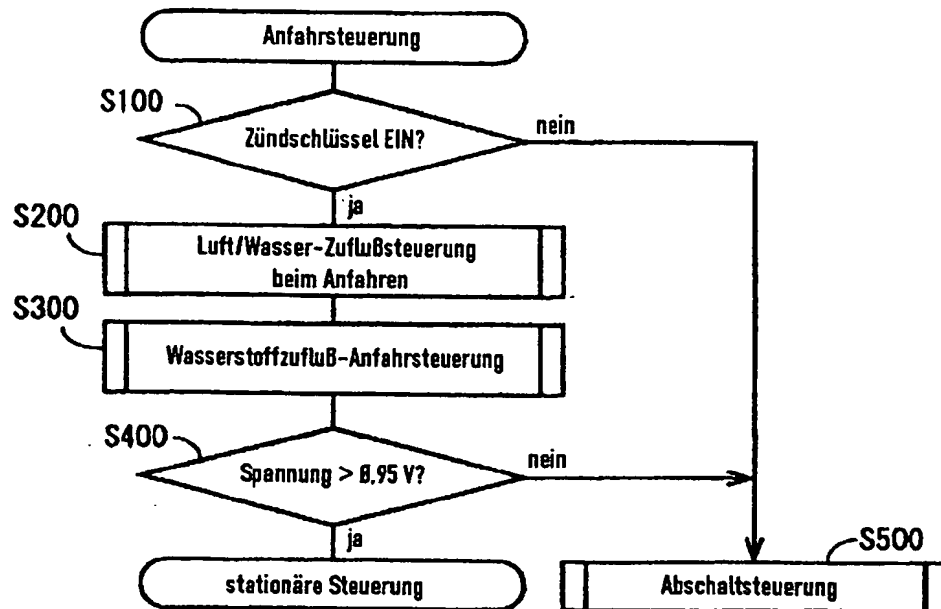


Fig. 11

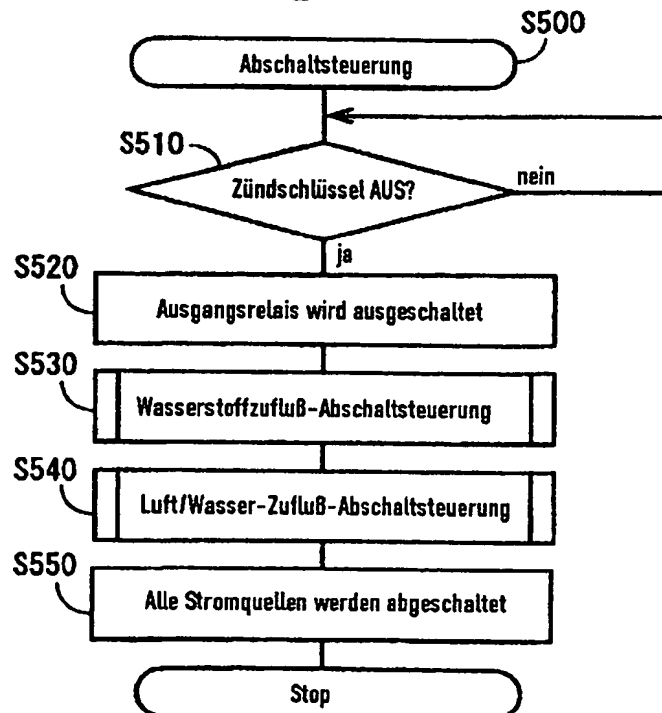


Fig. 9

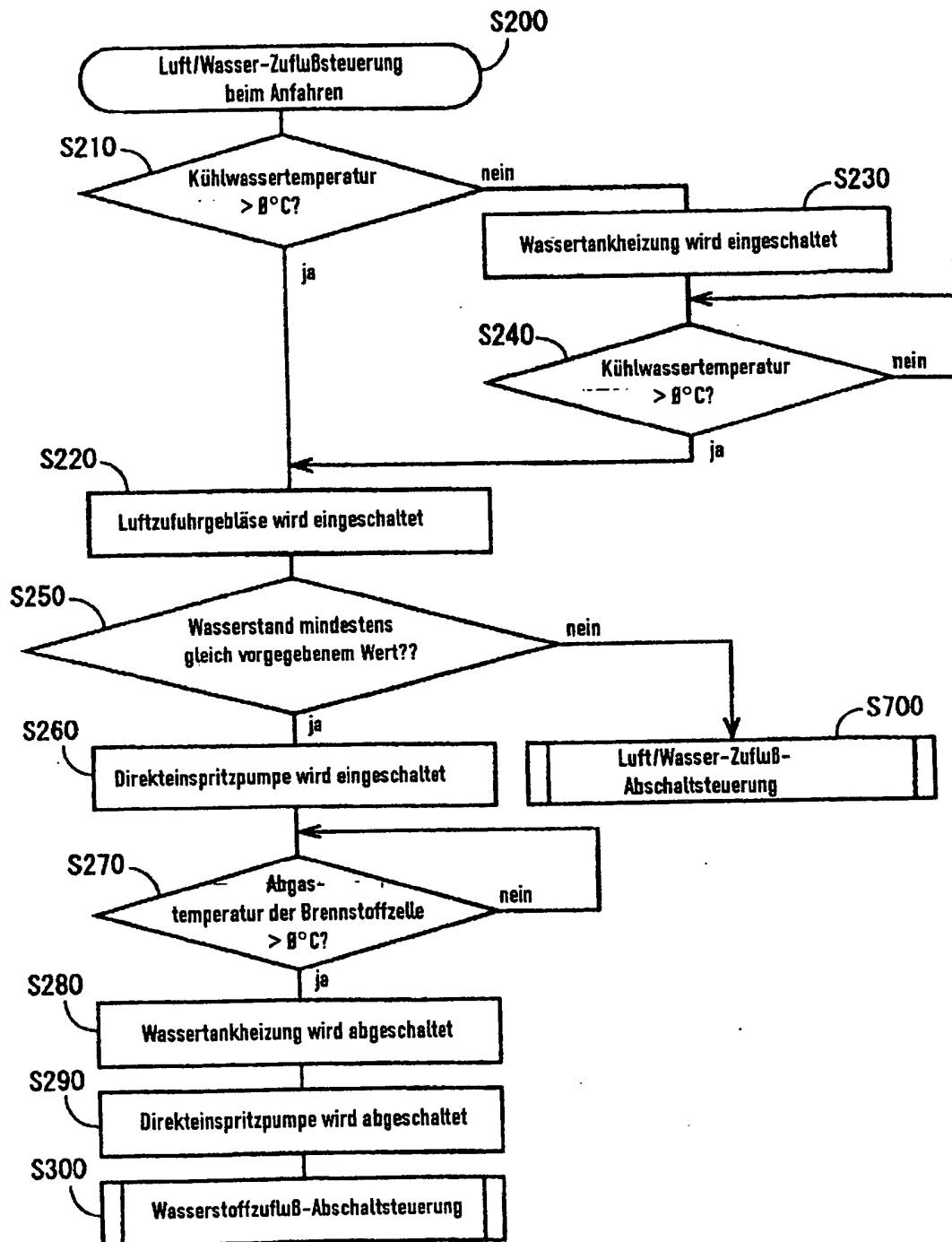


Fig. 10

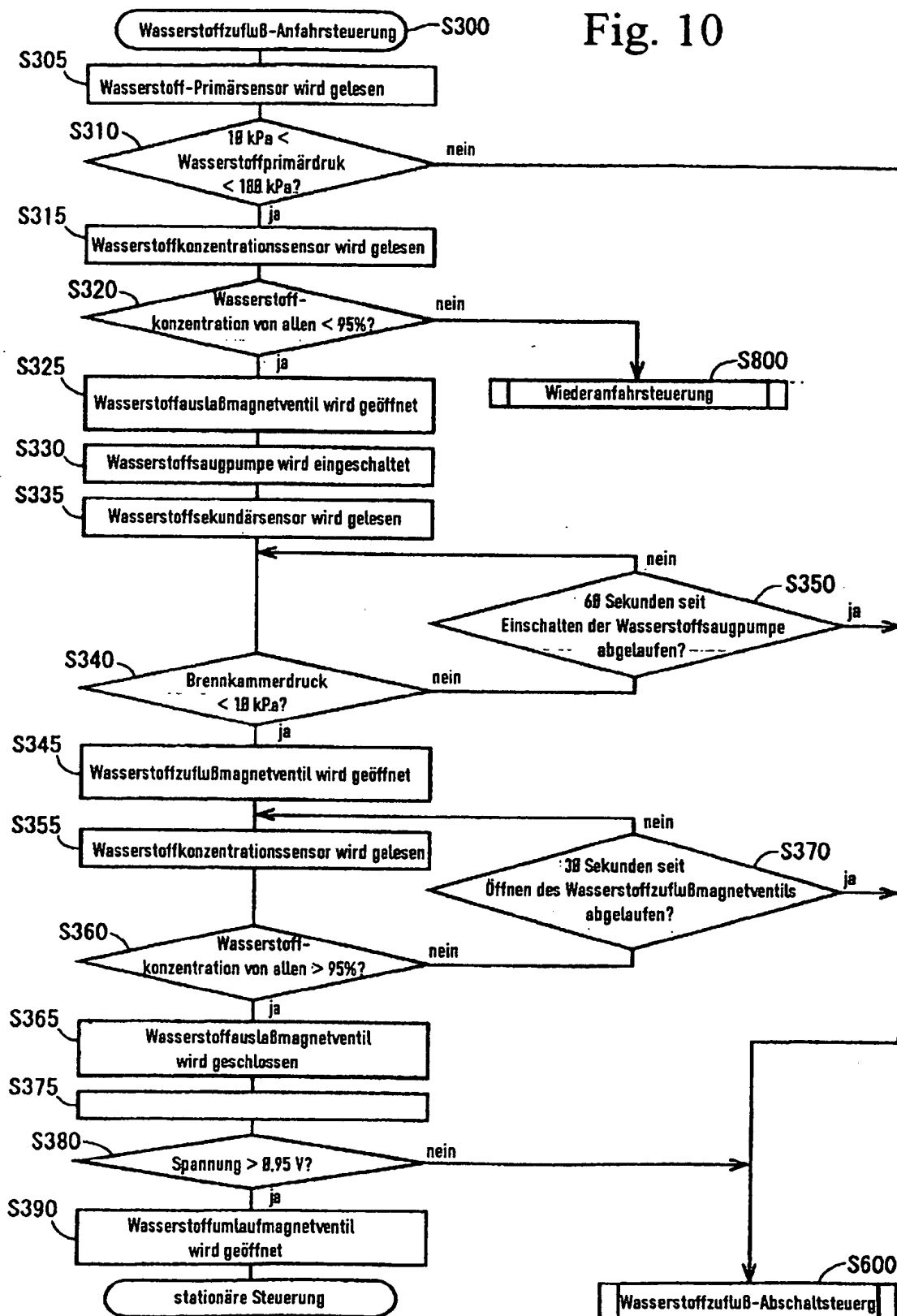


Fig. 12

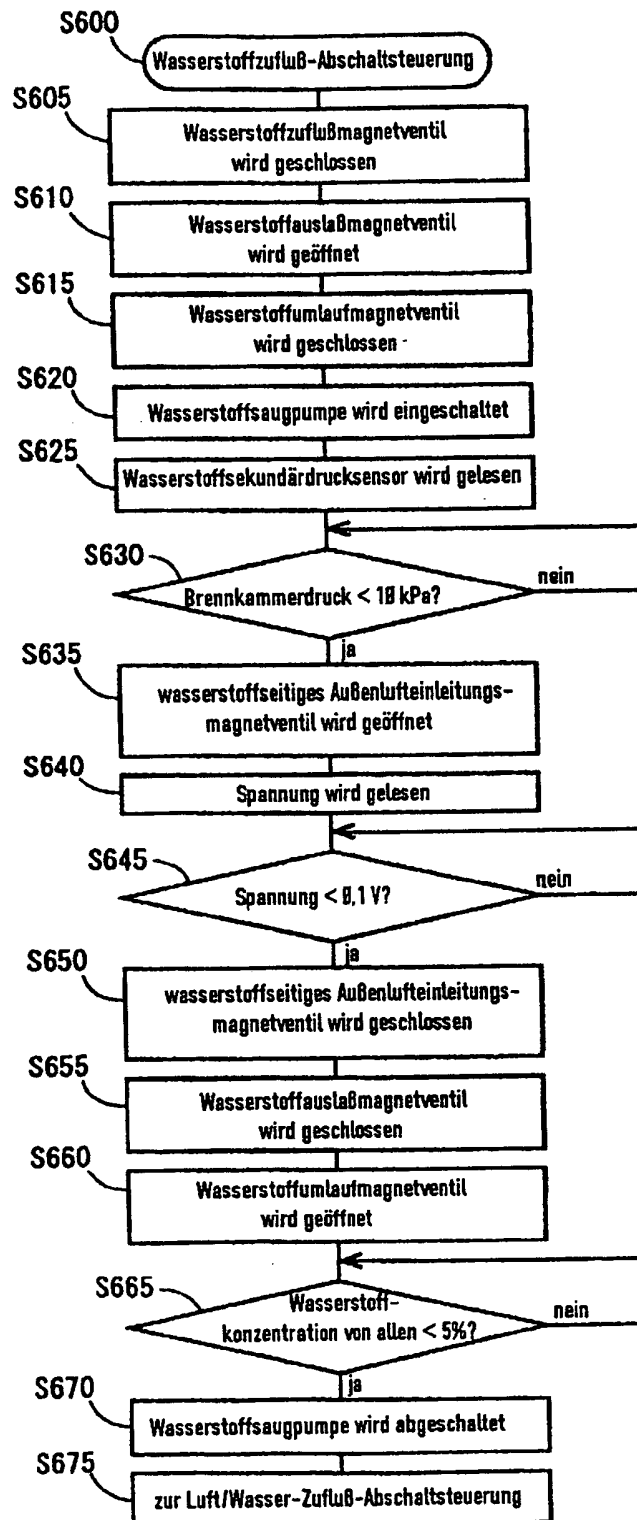


Fig. 13

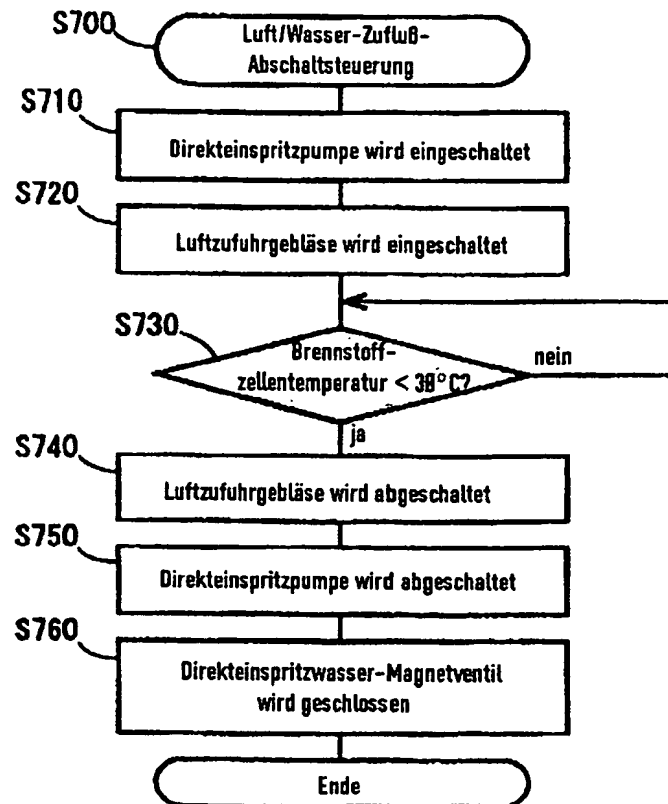


Fig. 14

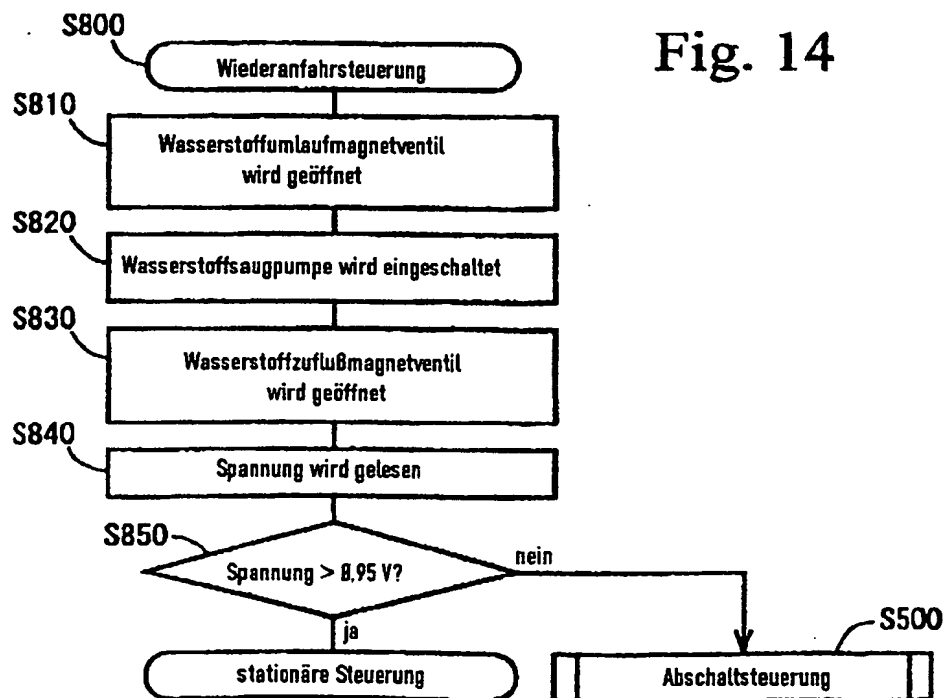


Fig. 15

